COSECHA DE AGUA Y TIERRA

DISEÑO CON PERMACULTURA Y KEYLINE

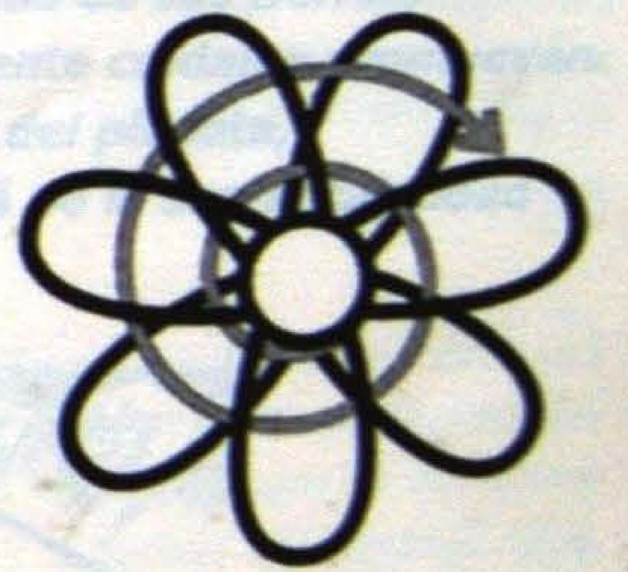
coas ediciones

Eugenio Gras

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Cosecha de agua
y tierra
Diseño con Permacultura



Cosecha de agua y tierra,

título que resume la ciencia escrita en este texto con el fin

de practicar una agricultura sana, permanente,

y en constante evolución para mejorar la calidad de vida

Cosecha de agua y tierra

Diseño con Permacultura

Escrito por

Eugenio Gras

Aglutinando diversos conocimientos,
el autor comparte estrategias utilizadas por permacultores y
agricultores quienes, con el manejo apropiado de sus tierras,
agua de lluvia y el sudor de su frente, verdaderamente cuidan y promueven
el desarrollo del Patrimonio Biológico del planeta,
con una agricultura regenerativa que va más allá de la sustentabilidad



Primera Edición
Invierno 2010

Cosecha de agua y tierra,
Diseño con Permacultura.
c 2010 Eugenio Gras

Fundamentos de la Permacultura
por David Holmgren

Íconos de las éticas y principios
de Richard Teldford

Ilustraciones y fotografías
Eugenio Gras
Alejandro Pérez Nájera

Correcciones a ilustraciones Keyline
Darren Doherty

Corrección ortográfica por
Renata Leal Almaraz

Fotografía de la portada
Valle en la Sierra de Tapalpa
Manuel Cervantes

Ediciones COAS
Consejeros en Agricultura Regenerativa
y Permacultura
Brasil, Colombia, México

ISBN 978-607-00

Los conocimientos aquí expuestos son propiedad intelectual de sus propios conceptualizadores, sin embargo la reproducción parcial de este texto está autorizada siempre y cuando se haga la correspondiente referencia oficial a la fuente original. Para reproducción de ilustraciones y fotografías, solicite permiso directamente a info@coas.com.mx Tenemos archivos digitales con excelente resolución, disponibles para los interesados.

Dedicado
a todos los que tratan de vivir
en armonía con lo que les rodea





Agradecimientos

Expreso mi gratitud a todos los campesinos, hombres, mujeres y niños, quienes nos alimentan con el sudor de su frente y que resisten desde sus ranchos, sus cultivos y desde su soledad con la eterna esperanza de que "el próximo año va a ser mejor".

Le agradezco a David Holmgren el haberme compartido su sencillez, contundente congruencia y visión desinteresada, a su esposa Su, por la generosa hospitalidad que me brindaron durante mi estancia en Melliodora. A Darren Doherty por su increible apertura, generosidad sin par y buen humor.

Le agradezco a la Vida por haberme puesto frente a Jairo y Sebastiao, en quienes he encontrado una fuente inagotable de compasión humana y entrega sin precedentes por los campesinos Latinoamericanos.

A mi primo Gerardo por estar siempre ahí, siempre apoyando, a Raúl por su paciencia.

A Don Jaime por su sabiduria y amor al conocimiento.

Le agradezco a mi Steffi su apoyo incondicional durante los largos días de enclaustramiento dedicados a derramar los rios de imágenes y palabras plasmados en este libro.

A mis padres, que supieron darme los valores que hoy me sostienen y a Julián por señalar el camino correcto y apoyarme en todos los sentidos en los momentos más criticos.

El autor

Dedicatoria
Agradecimientos
Contenido
Prólogo
Este libro

Primera Sección
El contexto Ecoenergético mundial

Capitulo Uno
Realidades Ecoenergéticas

Evidencias. 3
Realidades sociales y ecológicas. 6
El capital natural. 7
Energía. 9
Fuentes de energía. 11
El petróleo. 15
Realidades económicas. 19
El mundo después del petróleo. 20
Qué puedes hacer tú ante el cenit del petróleo. 23

Capitulo Dos
La Cultura de Transición

Cultura global. 27
Permacultura y agricultura orgánica campesina. 28
Orígenes de la agricultura orgánica y la permacultura. 29

Segunda Sección
Fundamentos de la Permacultura

Capitulo Tres
Fundamentos de la Permacultura

Principios de diseño. 37
Observar-interactuar. 39
Captar y almacenar energía. 40
Obtén un rendimiento, trabaja con la naturaleza no en su contra. 46
Aplicar autorregulación y aceptar retroalimentación. 46
Utiliza recursos biológicos. 47
Producir cero desperdicios. 50
Diseñar de los patrones a los detalles. 51
Integrar en lugar de segregar. 57
Usar soluciones lentas y pequeñas. 59
Usar y valorar la diversidad. 60
Usar los bordes y valorar lo Marginal. 65
Usar y responder creativamente al cambio. 69

Capitulo Cuatro
Diseño con Permacultura

Logística para la aplicación del diseño en permacultura. 75
El agua y su importancia en el diseño. 76
Plan de desarrollo. 76
Formato de información para diseños de Permacultura. 89

Capitulo cinco
El Clima y el Microclima

Clima y el Microclima. 93
Microclima y Permacultura. 97
a. Topografía. 97
b. Masas de agua. 99
c. Estructuras. 100
d. Suelos. 100
e. Vegetación. 100

Capítulo seis
Hidrologia y Topografía

Introducción al diseño Hidrológico. 105
La geografía del paisaje natural. 108
La evolución del suelo y su efecto en el paisaje. 111
Un caso ejemplar. 112
Ciencia de la topografía. 114
Aparatos para marcar una curva a nivel en el terreno. 118
Las formas y patrones del paisaje en Keyline. 123
Puntos y Líneas Clave. 125
El fin de la erosión. 128

Tercera Sección:
Aplicaciones Prácticas de Permacultura

Capitulo siete
Diseño en Keyline (Línea Clave)

Diseño para obtener agua, tierra y carbono en cualquier terreno. 131
Factor 1. El clima. 131
Factor 2. La topografía. 132
Factor 3. El agua. 132
a. Canal de desviación. 133
b. Bordos. 135
c. Canal de riego. 137
Técnicas de irrigación. 140
Factor 4. Los caminos y las áreas. 143
Factor 5. Los árboles. 145
Factor 6. Las construcciones. 149
Factor 7. Subdivisiones y cercas. 150
Una buena planeación. 151
El patrón de plantación de árboles. 152
Factor 8. El manejo de la tierra. 153
Regeneración de suelcs. 154
Produciendo suelos profundos y biológicamente fértiles. 155
1. Labranza. 155
2. El proceso de conversión de subsuelo a tierra vegetal. 155
3. Cultivando la tierra en Lineas Clave. 159
3a. Cultivando en vertientes con Líneas Clave. 160
3b. Cultivando la tierra en laderas con Líneas Clave. 161
Humus. 163
Conversión de CO2 a CO y a materia orgánica. 165
La agricultura orgánica y sus neologismos. 165
Agricultura sana y regenerativa. 167
Ejemplo de Diseño Keyline. 169

Capitulo ocho
Almacenaje de agua

Reservorios. 175
Identificación del sitio ideal para un reservorio. 177
Cálculo del Volumen Útil. 178
Evaluación de fuentes alternativas de abasto. 178
Cálculo escurrimiento aprovechable. 179
Derramadero. 180
Incrementando la cantidad de captación. 181
Sustentabilidad del suelo. 181
Evaluación de textura del suelo por el tacto. 183
Talud. 184
Clasificación de bordos según su emplazamiento. 185
Tipos y formas de bordos. 186
Derramaderos. 188
Tubo de salida (drenado) de agua. 190
Relación de volúmenes de movimiento de tierra y capacidad de almacenaje. 192
Lista de prioridades en el diseño de bordos. 195
Construcción de bordos pequeños. 196
Fugas. 198

Capitulo nueve
Captando agua potable

El manejo de la lluvia a pequeña escala. 201
Captación. 202
Rejilla en canaleta. 203
Interceptor y filtro. 203
Almacenamiento. 204
Tabla de Cálculos. 205
Tanques. 208
La purificación de agua. 212
Filtros caseros de arena. 213
Filtro de carbón activado. 214
Desinfección:
Por solarización. 218
Por ebullición. 218
Desinfección con cloro. 218
Desinfección con yodo. 219
Material de referencias. 221
Recursos y direcciones. 222
Educación en Permacultura y agricultura orgánica. 223
Lista de proveedores en México. 225
Notas. 228

La Tierra es el único planeta que conocemos con la capacidad de mantener la vida, lo ha hecho durante millones de años y cada vez mejor (bueno sólo hasta el momento en el que llegamos los humanos). En ella viajamos por el espacio a la increíble velocidad de 30 kilómetros por segundo. El rápido movimiento giratorio y su núcleo de hierro y níquel generan un campo magnético extenso, que, junto con la atmósfera, nos protege de casi todas las radiaciones nocivas provenientes del Sol y de otras estrellas.

Nuestro planeta es un millón de veces menor que el sol, y la finísima membrana que recubre su superficie es casi 13 millones de veces menor que el diámetro total del planeta. Para percibir la inmensidad que estos tamaños significan, podríamos comparar el tamaño de un microbio con el tamaño de nuestro cuerpo y su corta vida (segundos), con nuestra corta vida como especie (alguna decenas de miles de años) comparada con la vida del planeta (3.800 millones de años).

Dentro de esta maravillosa nave intergaláctica, todos los seres (incluyendo los humanos), obtenemos nuestros bienes directa o indirectamente de los Recursos Naturales generados por el Capital Natural, de los cuales obtenemos no sólo alimentos, sino también ropa, muebles, combustible, automóviles, carreteras, casas y miles de cosas más.

Por lo tanto, estamos limitados a transformar y consumir bienes dentro de la capacidad de Regeneración de la propia Naturaleza, la cual necesita Tiempo para: Regenerar las tierras de cultivo, Regenerar nuestras tierras de pastoreo, Regenerar los bosques que talamos, Regenerar los peces que obtenemos de ríos, lagos y mares, Regenerar los combustibles fósiles que quemamos, así como Compensar todo el Espacio Biológicamente Productivo que hemos cubierto con cemento para construir nuestras casas y carreteras. Para estas labores, la naturaleza requiere un tiempo Tn (Tiempo de la Naturaleza) el cual es diferente al tiempo industrial Ti (el reloj que todos usamos).

Por si esto fuera poco, la Naturaleza también realiza (permanentemente) innumerables Servicios Ambientales para mantener la calidad de vida en el planeta: absorber el dióxido de carbono que enviamos al aire, limpiar los mares de derrames de petróleo, digerir los basurales que enterramos, filtrar el agua que contaminamos, etc.

La Humanidad depende del Capital Natural del Planeta, el cual provee todos los Recursos Naturales y Servicios Ecológicos necesarios para la vida.

De aquí que, el Equilibrio entre el Consumo Humano de Recursos Naturales y la Capacidad Regenerativa de la Naturaleza es lo que mantiene al Capital Natural intacto.

Prólogo de Sebastiao Pinheiro

"Cosecha de agua y tierra" es un libro oportuno en el tiempo y espacio cuando somos inducidos a discutir lo anunciado por la televisión: Escasez de agua dulce, como si eso fuera verdad y no para darle precio a la misma. El agua se almacena en las membranas para darle vida a la Tierra. Estudiamos el ciclo del agua, pero no hay ciclo del agua, sin el del Sol.

La conexión entre el Sol y la Tierra extrapola, la influencia de la gravedad y órbita anual, a calentar y proporcionar energía benigna a los microbios, plantas y animales. Y si bien el Sol, también emite radiaciones peligrosas: Ultravioleta, rayos X, gamma, partículas alfa y beta, la rotación en el núcleo de la Tierra crea la magnetosfera, una membrana protectora de la vida del planeta a esas radiaciones y partículas.

El efecto del campo magnético puede ser observado en la belleza de las *auroras boreales* o protección contra la energía y partículas sobre la troposfera, tanto de los rayos cósmicos y otros del Sol y cosmos. Por lo tanto, el planeta es una gigantesca esfera magnética y todos los seres-vivos se adaptan a su campo magnético natural con metabolismo, autopoiesis (capacidad de la vida de auto-organizarse y de reproducirse a sí misma) y evolucionan en sus variaciones con las edades de la Tierra.

Todos los seres vivos poseen frecuencias y patrones magnéticos propios y reaccionan a estas variaciones y resonancias con la adaptación de sus proteínas. Cada célula individual, tejidos u órganos y cuerpos sincronizan la información de los ciclos naturales del campo geomagnético, pues toda materia se compone de campos magnéticos resonantes, de fuerza y de las frecuencias que varían naturalmente.

Toda célula viva posee una membrana proteica, activa y protectora. Vivimos en la membrana que es la superficie del planeta, donde siempre hay presencia de proteínas. Nos alimentamos de las transformaciones en otra membrana, el suelo-vivo (microflora, materia orgánica, humus y proteínas) que transforma el carbono del Sol en fuente de alimentos (energía), aire y agua.

La rotación de la Tierra en este campo complejo expone un área siempre de frente para el Sol y otra lateral que hace el campo magnético variar constantemente. Las alteraciones diarias en la fuerza del campo impacta los ritmos biológicos, las tormentas magnéticas tienen efecto directo en las funciones del cerebro humano.

Los seres necesitan aprovechar y transformar la energía disponible para su supervivencia. La sustancia más importante para la armonía de las reacciones de transporte de masa a través de las membranas son proteínas constitutivas e inducibles. Estos polímeros son codificados en el ADN y ARN para su síntesis en el citosol y funciones en el cuerpo. Poseen múltiples comportamientos químicos que posibilitan versatilidad biológica.

Cada individuo posee sus proteínas (y enzimas) personales para catalizar las reacciones específicas pues ellas son fuertemente influenciadas por el campo magnético natural **en sus estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria.** Las alteraciones magnéticas y electromagnéticas en las proteínas alteran los seres con repercusión sobre el metabolismo y calidad de vida de la especie y comunidad. Las membranas proteicas permiten el "transporte de masa" de los catalizadores biológicos – enzimas – y las partículas inanimadas cargadas de energía transformable, también en el suelo vivo desde su dimensión hasta en el canon de la fe *"Él tomó el barro, lo moldeó y le sopló"*... (por supuesto, el barro debió estar húmedo para moldearlo).

Esta humedad contiene energía por estar constituida por un combustible (H_2) y un comburente (½O_2). Su flujo actúa como una *pila* o *célula de energía* con capacidad de reconstituirse a través del Sol (por medio de reacciones físicas, químicas y biológicas) y comportamiento *diamagnético*.

El planeta está constituido de elementos minerales presentes en las rocas. Ellos son cenizas incompletas de la transformación de materia durante la formación del Sistema Solar y también contienen energía paramagnética. La erosión mineral de estas rocas aumenta su superficie de contacto para la reacción, que con humedad aumenta la disolución de minerales lo que potencializa y acelera las reacciones energéticas, formando gradientes de concentración de energía en la proximidad de las mismas creando membranas físicas, químicas, biológicas y otras. El flujo de agua con minerales disueltos incrementa los intercambios energéticos haciendo más complejas las membranas por el transporte de masa.

Toda membrana tiene dos caras y cuatro dimensiones físicas: Tres espaciales y una temporal que carga la vida. La membrana es un umbral energético que armoniza espacio y materia. Las membranas son anteriores a la vida que se situó en la dimensión temporal, por eso toda célula viva necesita la membrana como interfaz con el medio ambiente y la energía.

Fascinante, este libro despierta: El agua es precursora del origen, metabolismo, evolución desde el microcosmos primero. En él, el agua es más importante para los microorganismos que el suelo. Si bien estos organismos pueden obtener nutrientes mediante el transporte de masas y la interceptación; la difusión es el medio más importante para la obtención de sus nutrientes. A medida que las capas de agua alrededor de las partículas del suelo quedan más finas, los nutrientes y los microorganismos deben recorrer caminos más difíciles.

Por la fuerza de la membrana agua, el suelo puede estar como "gravitacional", y ser rápidamente arrastrado. La que queda es la capacidad de campo que describe la disponible. Esta queda diferenciada en su "potencial del agua" de mayor hacia menor. A la osmosis (solutos) y presión (sólidos) los microorganismos se adaptan en evolución de sus membranas.

La actividad microbiana óptima es aquella que se sitúa aproximadamente en - 0,01 MPa[1] y desciende rápidamente en la medida que el suelo se seca. En respuesta a la resequedad del suelo, los microorganismos presentan numerosas estrategias que incluyen la adquisición de solutos extemos y la síntesis de solutos intemos según la demanda o de forma constitutiva. Los microorganismos más resistentes a la tensión del agua son los hongos, los cuales pueden soportar tensiones de agua de sólo – 40MPa.

Lectura fácil, abre los ojos sobre los dueños del agua dulce embotellada y sus tasas de uso en las propiedades rurales como instrumento de precio diferenciado que promueve la exclusión. ¿Será para eliminar los más pobres?.

En el vértice de su texto entendemos el dicho brasileño: *"Voraz como fuego cerro arriba y peligroso como agua cerro abajo"*, con el significado de la velocidad del poder cambiante. Así es este libro, que más allá de la estupefacción deja la reflexión: ¿Es tan sencillo y cómo pasó desapercibido durante todos estos años?.

Bueno, sólo resta aprovechar el agua y regenerar el suelo (bienes no-económicos) para encender la esperanza contra el precipicio que se aproxima. Creo que es la forma de como se puede agradecer al autor, que va a quedar muy contento con su participación y cosecha.

Sebastiao Pinheiro

[1] Megapascal. (1 Mp equivale a 10 atmósferas).

Sostenibilidad significa vivir dentro de la Capacidad Regenerativa de la Biósfera

Durante siglos y hasta hace apenas 200 años la humanidad vivió consumiendo recursos naturales a menor velocidad de lo que la naturaleza los regeneraba, sin embargo el descubrimiento del petróleo provocó una explosión demográfica nunca antes vista, lo que desencadenó el consumo desmedido de los recursos naturales. La energía barata contenida en el "oro negro" posibilitó la construcción de la sociedad contemporánea y su economia (tal y como las conocemos hoy).

A principios de los años setenta el consumo humano de Recursos Naturales rebasó la capacidad regenerativa de la Naturaleza, los humanos empezamos a consumir parte del Capital Natural, para el año 2,000 ya consumiamos este capital un 40% más rápido que su capacidad para regenerarse. Al consumir petróleo los humanos producimos 8 billones de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO2). La naturaleza, a través del mar y los árboles, absorbe 5 billones, el resto se está quedando en la atmósfera. Este gas, junto con el metano producido por millones de vacas industrializadas, campos de cultivo y los quimicos de los refrigeradores, son los directamente responsables entre otras cosas, del calentamiento de la atmósfera, el derretimiento de los glaciares, la desertificación de tierras que antes fueron bosques, la desaparición de los arrecifes de coral y por ende millones de especies acuáticas.

Sin embargo, el petróleo y sus derivados están ya restringiendo el desarrollo humano, después de 200 años de crecimiento continuo y 50 años de crecimiento súper-acelerado, el fin de la era de energía barata se acerca, dado que las reservas del crudo se están agotando no sin antes atentar contra la vida entera del planeta.

Por otro lado, las mega corporaciones transnacionales han formado alianzas, fusionando la industria energética con la agroindustria, lo cual les permite mantener el control y dominio de las masas de formas cada vez más eficientes. Estas fusiones han perfilado la nueva matriz energética a partir de la producción del ahora llamado biocombustible, cuyo rendimiento energético es muy inferior a los derivados del petróleo, sin embargo, para compensar esta disminución recurrieron a la implementación de la nueva dieta para las enormes poblaciones de pobres a base de bagazo (el desecho de plantas oleaginosas una vez que se les ha extraído el aceite), las famosas hojuelas de maíz para el desayuno de todos los niños, las ahora tan populares sopas instantáneas y toda la gama de comida chatarra está siendo elaborada a partir de estos desperdicios de la agroindustria del biocombustible.

El regreso al uso de energía basada en recursos renovables es inminente y los modelos de ecosistemas naturales muestran el camino hacia una cultura que requiere cambios fundamentales en la forma de vida y comportamiento de los humanos, si es que deseamos continuar nuestra existencia en este planeta.

La Permacultura y la Agricultura Orgánica son una respuesta creativa ante el descenso energético mundial y la disponibilidad de recursos.

Estas ciencias tienden a: 1) El uso de recursos naturales como forma de reconstituir nuestro capital natural, especialmente utilizando los árboles como fuente energética para sustentar a la humanidad. 2) Enfatizar el proceso de abajo-hacia-arriba, que empieza con el individuo y su entorno como fuerzas de cambio a nivel económico, cultural y comunitario. 3) La transmisión de conocimiento a través de gente, por todo el mundo, que vive lo que predica. 4) Ver las sociedades pre-industriales como modelos que reflejan más los principios de diseño observados en la naturaleza y relevantes en las sociedades post-industriales.

Más allá de la Sostenibilidad

La Permacultura es una respuesta efectiva a las limitaciones del uso de energía y recursos renovables, y va pasar del estatus de "respuesta alternativa a la crisis ambiental" a ser la "forma de vida de las sociedades post-industriales". Para que cualquier sociedad pueda ser considerada sustentable, debe tener la capacidad (probada a través de la historia) de reproducirse a si misma a través de generaciones, y al mismo tiempo satisfacer las necesidades humanas sin provocar cataclismos o colapsos a largo plazo. "Si para la sociedad contemporánea, basada en el consumo de combustibles fósiles de alta energía, le es energéticamente imposible no ser más que un pulso en toda la historia de la humanidad, por definición, ésta no es sustentable (David Holmgren)".

De hecho, el término "Sustentable" no es suficiente, es lo mínimo, es sólo mantenimiento, no se trata de destruir un poco menos, destruir un poco menos no es proteger el medio ambiente, se trata de aportar para promover más vida y regenerar la tierra. No se trata de hacer cosas que no son tan malas para otros, sino que más bien hacer cosas que sean buenas para el planeta y sus habitantes.

Eugenio Gras

Este libro

Dada la calidad y cantidad de libros que existen actualmente sobre Permacultura, durante muchos años pensé que escribir uno más acerca del tema era innecesario. Con su primera publicación *Permaculture One*, Bill Mollison y David Holmgren, inspirados en el manejo hidrológico de la tierra desarrollado por P.A. Yeomans, abrieron la puerta a una ciencia que hoy ha beneficiado a millones de personas alrededor del mundo. Gracias al ingenio de Yeomans plasmado en su libro *Water for Every Farm*; a la perseverancia de David, quien supo revolucionar su propio concepto y llevarlo a publicar *Principios y Senderos más allá de la Sustentabilidad;* al carisma de Bill, quien con su proyección a nivel mundial y sus libros *Introducción a la Permacultura* y el *Manual de Permacultura*; y la audacia de permacultores como Darren Doherty quien ha revolucionado la escala de diseños permaculturales a millones de hectáreas, es que hoy contamos con excelentes herramientas para Diseñar medio ambientes humanos sostenibles, sanamente productivos que benefician a las personas, a sus tierras y a la naturaleza entera.

Uno de los aspectos más maravillosos de esta ciencia es que está abierta a todas las aportaciones que cada uno de nosotros hace (y seguirá haciendo) en aras del bienestar de nuestro entorno. Dado que es una ciencia de diseño que evoluciona en la medida que adquirimos una conciencia planetaria más elevada como especie, a la fecha han salido a la luz decenas de publicaciones relacionadas con ella, desafortunadamente la gran mayoría son en inglés y no en español.

Por lo anterior, y asumiendo la necesidad sentida por una gran cantidad de participantes a nuestros cursos y diplomados (de los que muy pocos tienen la posibilidad de leer libros en otro idioma y que además son difícilmente adquiribles en Latinoamérica), es que me doy a la tarea de escribir una serie de textos relevantes a una Permacultura adaptada a las dinámicas de capacitación del Consejo COAS, al que tengo la fortuna de pertenecer.

El presente texto está dividido en tres secciones: la ***Primera Sección*** muestra cómo la sociedad actual ha sido construida en base a una dependencia energética no renovable, la cual ha acarreado serias consecuencias ecológicas, sociales y económicas, y nos ha conducido a un paradigma eco-energético sin precedente; en la ***Segunda Sección***, se desarrollan los Principios de Permacultura desarrollados por David Holmgren en su último libro *Paths and Principles Beyond Sustainability*, adaptados a la forma didáctica que utilizó durante los cursos y diplomados en Latinoamérica; y la ***Tercera Sección*** describe detalladamente el proceso de diseño necesario para implementar desarrollos sustentables a cualquier escala, considerando el agua como el eje central base de cualquier asentamiento humano. Con descripciones precisas, ilustraciones gráficas y tablas de cálculos, el lector adquiere una visión integral que le posibilita concebir el diseño de cualquier terreno en función de los recursos naturales que tiene a su disposición: trabajo, agua, aire, tierra y sol.

Dada la calidad y cantidad de libros que existen actualmente sobre Permacultura, durante muchos años pensé que escribir uno más acerca del tema era innecesario. Con su primera publicación Permaculture One, Bill Mollison y David Holmgren, inspirados en el manejo hidrológico de la tierra desarrollado por P.A. Yeomans, [illegible] a una ciencia que hoy ha beneficiado a millones de personas alrededor del mundo. Gracias al ingenio de Yeomans plasmado en su libro Water for Every Farm, a la perseverancia de David, quien supo revolucionar su propio concepto y llevarlo a publicar Principios y Senderos más allá de la Sustentabilidad, al carisma de Bill, quien con su proyección a nivel mundial y sus libros Introducción a la Permacultura y el Manual de Permacultura, y la [illegible] de permacultores como Darren Doherty quien ha revolucionado la escala de [illegible] es que hoy contamos con [illegible] sostenibles, [illegible] productivos [illegible] naturaleza entera.

[illegible] aportaciones que cada uno de nosotros hace (y seguirá haciendo) en aras del bienestar de nuestro entorno. Dado que es una ciencia de diseño que evoluciona en la medida que adquirimos una conciencia planetaria más elevada como especie, a la fecha han salido a la luz decenas de publicaciones relacionadas con ella, desafortunadamente la gran mayoría son en inglés y no en español.

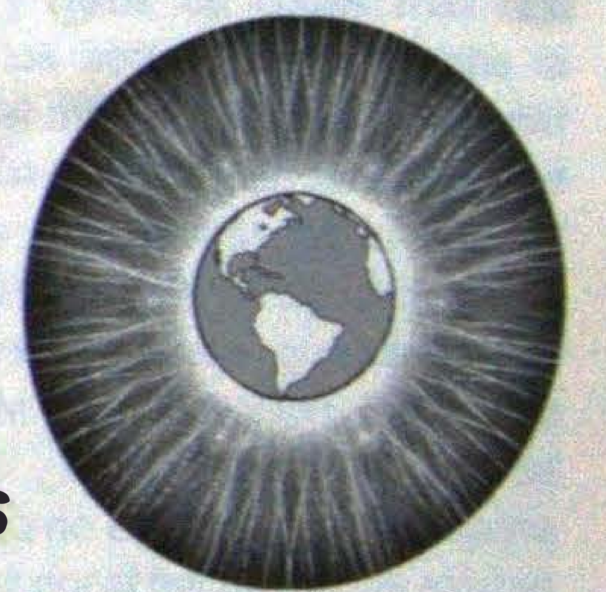
Por lo anterior, y asumiendo la necesidad sentida por una gran cantidad de participantes a nuestros cursos y diplomados (de los que muy pocos tienen la posibilidad de leer libros en otro idioma y que además son difícilmente adquiribles en Latinoamérica), es que me doy a la tarea de escribir una serie de textos relevantes a una Permacultura adaptada a las dinámicas de capacitación del Consejo COAS, al que tengo la fortuna de pertenecer.

El presente texto está dividido en tres secciones; la Primera Sección muestra cómo la sociedad actual ha sido construida en base a una dependencia energética no renovable, la cual ha acarreado serias consecuencias ecológicas, sociales y económicas, y nos ha conducido a un paradigma eco-energético sin precedente; en la Segunda Sección, se desarrollan los Principios de Permacultura desarrollados por David Holmgren en su último libro Paths and Principles Beyond Sustainability, adaptados a la forma didáctica que usamos durante los cursos y diplomados en Latinoamérica; y la Tercera Sección describe detalladamente el proceso de diseño necesario para implementar desarrollos sustentables a cualquier escala, considerando el agua como el eje central base de cualquier asentamiento humano. Con descripciones precisas, ilustraciones gráficas y tablas de cálculos, el lector adquiere una visión integral que le posibilita concebir el diseño de cualquier terreno en función de los recursos naturales que tiene a su disposición: tanto agua, aire, tierra y sol.

PRIMERA SECCIÓN

El contexto ecoenergético mundial

Capítulo I



Realidades Ecoenergéticas

Vivir dentro de la Capacidad Regenerativa de la Naturaleza es responsabilidad de todos los seres humanos

CAPÍTULO UNO
Realidades Ecoenergéticas

Evidencias

La humanidad ha demostrado una inmensa capacidad para organizarse y tratar de mejorar sus condiciones y calidad de vida. Actualmente podemos estar al otro lado del mundo en cuestión de horas, podemos comunicarnos a cualquier país literalmente gratis por Internet, cualquier suceso importante es difundido en el acto y millones de personas por todo el mundo pueden saber lo ocurrido en pocos minutos, en los mercados se puede comprar comida *"fresca"* proveniente de regiones lejanas y contamos con una movilidad insospechada hace apenas 100 años. Sin embargo, la vida está limitada por la atmósfera que rodea al planeta, todos los seres, incluyendo los animales, peces, aves, insectos, plantas y también todos los seres que están por nacer en generaciones futuras, requerimos de las bondades de la naturaleza. Por lo tanto, el simple hecho de haber nacido en este mundo implica que adquirimos la ***Responsabilidad*** (capacidad de responder) de cuidar y hacer prosperar nuestro entorno en formas recíprocamente benéficas. Pero, aunque nos preciamos de ser la especie más "inteligente" del planeta, los humanos nos comportamos como si no nos diéramos cuenta de lo que provocamos a nuestro alrededor.

La Regeneración de los Recursos Naturales

Dado que absolutamente todos nuestros bienes provienen directa o indirectamente de los Recursos Naturales, éstos son *el factor limitante* en el crecimiento económico, es decir, estamos limitados a transformar y consumir bienes dentro de la capacidad reconstitutiva de la propia naturaleza, la cual necesita cierto tiempo (Tn) para regenerar nuestras tierras de cultivo y pastoreo, bosques, peces, animales, combustibles fósiles, además tiene que tratar de compensar todo el Espacio Biológicamente Productivo que hemos cubierto con cemento para construir nuestras casas y carreteras. Y por si fuera poco, realiza innumerables Servicios Ambientales para mantener la calidad de vida en el planeta como: absorber el dióxido de carbono que producimos, limpiar los mares de derrames de petróleo, digerir los basurales que enterramos, filtrar el agua contaminada.

De los Recursos Naturales obtenemos no sólo alimentos, también ropa, gasolina, coches, casas y miles de cosas más. En principio todos los seres que habitamos la Tierra tenemos el mismo derecho a disfrutar de sus bienes. Sin embargo, en la realidad no ocurre así, unos mucho más de lo que les corresponde mientras que otros (incluyendo animales y plantas) tienen que sufrir las consecuencias de esta voracidad. Por lo que uno se pregunta ¿cuánto nos toca a cada uno?, la respuesta no es fácil, pero de alguna manera se explica por el hecho de que existen dos tipos de personas, las respetuosas que toman lo indispensable para vivir, lo que verdaderamente necesitan, porque saben que, de otra manera estarían tomando algo que puede pertenecer a otra persona, animal o planta; por otro lado están las personas inconscientes que "creen" que necesitan un sinnúmero de cosas y compulsivamente compran lo que sea sin pensar en las consecuencias de su desmedido consumo.

Implicaciones de nuestras actividades diarias

Diariamente millones de seres humanos realizamos ciertas actividades "básicas" sin percatarnos de las implicaciones que conllevan, acciones tan cotidianas como *ir al baño, comprar en el súper, recibir bolsitas para cualquier cosa, adquirir y consumir nuestros alimentos sin conocer su procedencia*, hasta *tener ciertas dietas* que acarrean consecuencias en detrimento de nuestra salud y de nuestro medio ambiente.

A continuación se ilustran algunas de las más comunes:

-Casi ninguna persona se detiene a pensar que el simple hecho de que usar el excusado contamina más de 30,000 litros de agua por año, la misma cantidad que le sería suficiente para beber durante más de 40 años. Si todo el mundo tuviera un sanitario de agua, no alcanzaría el agua potable del planeta.

-Por si fuera poco, durante nuestra vida utilizamos decenas de árboles (en forma de papel para el baño) para "limpiarse".

-Investigando un poco nos daremos cuenta de que la mayoría de los alimentos que compramos en los mercados y supermercados son fumigados con venenos altamente tóxicos (la mayoría son venenos *furanos* pertenecientes a la familia de los *organoclorados*) los cuales acarrean graves perjuicios a la salud.

-Además, mientras que hace no más de 80 años, las cocinas estaban repletas de alimentos frescos, ahora los botes, latas, paquetes y todo lo "envasado" con alimentos atiborrados de conservadores, colorantes, maduradores y demás modificaciones genéticas, son *nuestro pan de cada día*.

El efecto de estos alimentos es ya visible en el hombre contemporáneo, cada día hay más niños alérgicos a más cosas, la gripe, cáncer, alzhaimer y otras enfermedades que florecen sin que podamos combatirlas eficientemente debido a que nuestros sistemas inmunológicos son más débiles.

- Actualmente, la mayoría de las personas ignoran que el alimento humano más contaminado es la leche materna (contiene 100 veces más dioxinas que la leche de vaca) y que esto ha sido posible gracias al consumo de estos productos y alimentos "baratos".

- Pocos saben que, el hecho de consumir carne, implica que se utilice 50 veces más terreno que el necesario para el consumo de frutas, verduras y cereales. La cantidad de contaminación que produce el ganado ya es mayor que la contaminación producida por los automóviles.

- También se ignora el trato tan salvaje al que son sometidos la mayoría de los animales para la producción de alimentos, los cuales son intoxicados, torturados, mutilados y manipulados genéticamente con el único fin de incrementar su producción, ya sea de carne o leche. Se desconoce que una gran parte de todas esas toxinas, queda acumulada en la grasa animal y que al consumirla, pasa a nuestros cuerpos, provocándonos todo tipo de enfermedades y alergias.

- La mayoría de la gente es ajena al hecho de que las cosas "baratas" que obtienen de los grandes supermercados provienen de una estrategia empresarial llamada *"externalizar costos"*, término que describe la acción de producir o vender algo a expensas de alguien más, casi siempre a costa de haber explotado la mano de obra

de trabajadores en países pobres; explotación desmedida de recursos naturales en regiones remotas, lo que provoca la emigración a las ciudades de la gente que vive en los medios rurales. Además, algunos supermercados, se aprovechan de sus mismos empleados, pagándoles salarios ridículos o forzándoles a trabajar horas extras sin retribución.

- También se desconoce que las miles de bolsas y demás cosas de plástico (muy baratas) implican la producción de dioxinas*.

- Las dioxinas forman parte de la misma familia química a la que pertenecen los pesticidas. Todo este plástico termina siempre en los basureros, donde es incinerado produciendo aún más dioxinas que son liberadas en el aire y que van a parar a las ciudades donde son respiradas por sus habitantes; a ríos, lagos y tierras de cultivo y pastoreo donde son ingeridas por animales y peces que son consumidos por los humanos (con su correspondiente dosis de dioxinas).

- Sin mencionar las implicaciones de los 800 mil millones de dueños de automóviles y camionetas que circulan a diario por el planeta con sus consecuentes secuelas de contaminación.

Desafortunadamente, este tipo de personas inconscientes abundan por todos lados, son aquéllas que encuentran fácilmente todo tipo de excusas para justificar su comportamiento; se les escucha decir cosas como: *"yo no sabía" o "si yo no tomo esto a aquello algún otro lo hará" o "más vale que me quede con todo lo que pueda ahora pues mañana no se sabe si se podrá" o "en la naturaleza hay abundancia, hay más que suficiente para todo el mundo, ¿no?" o "es la base misma del capitalismo ¡hey que consumir!!" o "es mi destino el poder tener todo lo que yo quiero" o "si no lo llevo yo, se va e echar a perder" o "ni modo, aquí es la ley del más fuerte" o "por algo nací rico, yo no tengo la culpa" o cualquier otra cosa que se les ocurra decirse a sí mismos con tal de justificar sus excesos siempre acaban diciendo... ¿Qué es esa tontería de sentirse culpable? ¡venga, a darleduro!*

Hoy damos por hecho que tenemos una *"vida normal"*; hoy es *normal* que un bebé nazca el día y a la hora que le conviene al ginecólogo (y no cuando el bebé quiere salir); hoy es *normal* que ese bebé sea alimentado con leche en polvo (de vaca y no con leche materna) y si por si acaso su mamá le diera pecho, lo normal es que le estaría dando el alimento humano más contaminado que existe actualmente (la leche materna).

En esta época es *normal* que los jóvenes vayan a las universidades a aprender un oficio en la vida que les dé dinero (y no para descubrir y desarrollar aquello para lo que nacieron, aquello que les hace ser felices y creativos); hoy es *normal* que la convivencia familiar sea en el cuarto de la *tele* (si es que no se tiene uno de estos aparatos en cada habitación); hoy es *normal* hablar de medicinas, hospitales y tratamientos en lugar de hablar de salud y vitalidad.

En la actualidad es *normal* que las personas pasen en congestionamientos de tráfico 3-4 horas , peregrinando dentro de un auto (pagado en abonos) para llegar a un

Uno de los químicos más tóxicos que el hombre ha sido capaz de sintetizar. La dioxina penetra en el organismo al ser depositada en los alimentos y al estar suspendida en el ambiente. Producen cáncer en el ser humano y* ***alteraciones en los sistemas inmunitario, reproductor y endocrino.* *Las fuentes principales de generación de dioxinas son, por orden de importancia: la incineración de residuos, las fábricas de pasta de papel que usan cloro o dióxido de cloro como agente blanqueador y la fabricación de PVC.*

trabajo (en el que nada más se está esperando la hora de salida), pero el cual es vital para pagar la ropa, el coche y el departamento que uno deja vacíos el día entero para *ir a ganarse la vida* soñando algún día tener tiempo para disfrutarlos.

Lo que hoy es *normal* es muy diferente a lo que fue *normal* hace apenas 50 años, actualmente *es lo que ahora no nos queda más remedio que aceptar como normal.*

En realidad, hoy no somos más que *un producto de consumo compulsivo*, condicionado permanentemente por la publicidad global corporativa, donde el espacio para las relaciones humanas, la imaginación y la creatividad es cada vez menor.

Nuestro actual ritmo de vida tiene un fuerte impacto sobre nosotros mismos y el planeta, el cual nos plantea un nuevo orden de realidades tanto sociales como ecológicas. Es indispensable abrir los ojos ante estas nuevas realidades para captar la magnitud de sus implicaciones y empezar a actuar en consecuencia.

Realidades Sociales

- **La *normalidad*** actual (muy brevemente descrita) es sólo una de las realidades a las que hoy estamos más que acostumbrados y no vemos con claridad, algunas otras son:

- ***Explosión demográfica,*** *en tan sólo los últimos 200 años la humanidad creció más de 6 veces lo que había crecido en los últimos 2,000 años.*

- ***Hambre,*** *paradójicamente mientras en el planeta se producen tres veces más alimentos de los que se consumen, existen 1,000 millones de personas padeciendo* **desnutrición crónica**.

- ***Agua,*** *500 millones de personas no tiene acceso adecuado al* ***agua potable,*** *dentro de 20 años serán 3,000 millones.*

- ***Epidemias por contaminación de agua,*** *los países más pobres, están peor preparados para enfrentar cambios rápidos y serán los que sufrirán las peores consecuencias,* ***millones de personas podrian verse amenazadas por el aumento de la malaria,*** *la desnutrición y las enfermedades transmitidas por el agua.*

Realidades Ecológicas

- ***Deforestación,*** *hemos eliminado el 50% de la cubierta boscosa del planeta y un 30% de lo que queda, se encuentra degradado o fragmentado.*

- ***Extinción,*** *en tan sólo los últimos 50 años la presencia del hombre ha provocado la desaparición del* ***80%*** *de todas las especies animales de la Tierra.*

La causa más seria de extinción de especies no es una acción directa producto de la captura y extracción de los organismos, sino más bien una consecuencia de la destrucción de sus hábitats naturales.

Más aún, varios autores coinciden en aseverar que más que un problema de escasez de recursos naturales, el problema es la disminución en la calidad de vida de la gente, lo que está determinando las necesidades de conservación de la naturaleza (Jordan 1995).

Desaparición, tres de cada 4 *cardúmenes son pescados del Capital Natural y no de los que éste regenera,* ***90%*** *de las grandes especies marinas ya no existen (marlin, atún, pez espada).*

- ***Erosión,*** *las prácticas de agricultura y ganadería han provocado la erosión de casi el* ***70%*** *de la tierra arable del planeta la cual está hoy en el fondo del mar.*

- ***Contaminación con dióxido de carbono,*** *cada año producimos 8 billones de toneladas métricas de CO2, la naturaleza absorbe y recicla 5 de los 8 billones, el resto permanece en la atmósfera.*

- ***Calentamiento Global,*** *como* ***consecuencia de la contaminación se ha provocado el*** *efecto invernadero. Si no se hace nada para reducir las emisiones, la temperatura global aumentará entre 1,4°C y 5,8°C antes de 2100. Por otro lado, las algas marinas mueren por la contaminación del mar, esto significa menos absorción de CO2 atmosférico.*

- ***Deshielo,*** *este calentamiento incrementó la velocidad a la que se derrite el hielo en Groenlandia, en 2005 aumentó 150% en relación a 1996.*

- ***Aumento de nivel, el deshielo*** *provoca el aumento del nivel del mar y el cambio en la salinidad del mismo, cuyas consecuencias son tormentas que provocarán más inundaciones. Además podría haber grandes variaciones regionales, que son muy difíciles de predecir.*

- ***Cambios Climáticos,*** *sequías, inundaciones y condiciones climáticas extremas, aumento de las lluvias, veranos más cálidos, y aumento del riesgo de que haya sequias en un sinnúmero de regiones, son algunas de las secuelas del consumo de petróleo.*

- ***Movimientos telúricos,*** *al derretirse el hielo se libera cada vez más peso de las capas tectónicas polares, las cuales, al reajustarse a las nuevas presiones, provocan enormes temblores y tsunamis.*

El Capital Natural

Las bondades de nuestra anfitriona "La Naturaleza" dependen de su capacidad para regenerar los recursos naturales que todos consumimos. Esta capacidad está limitada al **Patrimonio Natural (los recursos naturales) y al Tiempo**, por lo que comprender las implicaciones de vivir en un planeta finito es de vital importancia para sobrevivir en él.

La humanidad depende del Patrimonio Natural del Planeta, el cual provee todos los Recursos Naturales y Servicios Ecológicos necesarios para la vida.

El Patrimonio Natural se comporta igual que el capital que invertimos en una cuenta de ahorros. Para recibir intereses de nuestro capital es necesario que pase un determinado tiempo, a más tiempo más intereses, igual ocurre en la naturaleza (por ejemplo: entre más tiempo pasan los árboles en el bosque, más madera acumulan). De aquí que, **el Equilibrio entre el Consumo Humano de Recursos Naturales y la Capacidad Regenerativa de la Naturaleza es lo que mantiene al Patrimonio Natural intacto.**

Sustentabilidad **significa vivir dentro de la Capacidad Regenerativa de la Biósfera**. A principios de los años setenta el consumo humano de recursos naturales rebasó la capacidad regenerativa de la naturaleza y los humanos empezamos a consumir parte del capital natural, para el año 2,000 ya consumíamos este capital 40% más rápido que su capacidad para regenerarse y un equivalente de los recursos hídricos disponibles. A diferencia del resto de los organismos del planeta, la especie humana ha desarrollado tecnologías que le permiten apropiarse de una enorme cantidad de

recursos muy rápidamente gracias al petróleo, al punto que muchos de ellos se han agotado por completo (Vitousek *et al.* 1986, Postel *et al.* 1996).

Si en nuestro ejemplo del capital invertido en el banco, cada mes retiramos nuestros intereses más una parte de nuestro capital; al final no tendríamos capital y mucho menos intereses. De la misma forma se comporta el patrimonio natural, si consumimos recursos naturales a mayor velocidad de lo que la Naturaleza es capaz de regenerarlos, al final no tendremos capital natural y mucho menos tendremos recursos para sobrevivir, en otras palabras *"Los Recursos Naturales (materias primas) son el factor limitante y enemigo del tan deseado Crecimiento Económico" (Michael Schumacher).*

El ***Desarrollo Sustentable***. En lo **económico** implica un crecimiento pero con equidad. Es decir, mediante mecanismos distributivos de la riqueza que contribuyan a la superación de la pobreza. En lo **social,** implica un compromiso de calidad de vida y bienestar con las presentes generaciones y un compromiso con las futuras generaciones, aspecto que los paradigmas del pasado (que consideraban que el *desarrollo* era sinónimo de *crecimiento económico*) no habían incorporado. En lo **ambiental,** implica que el *desarrollo* esté basado en el uso de recursos renovables siempre y cuando no sean extraídos a tasas superiores de su capacidad de regeneración y, en el caso de los recursos no renovables, implica que se haga asegurando su reemplazo, además de que la generación de desechos y residuos no exceda las capacidades de asimilación de los sistemas naturales, es decir, que no excedan la capacidad de carga de los ecosistemas (en pocas palabras sustentable).

Algunas estrategias son: a) que el uso de los recursos naturales renovables no exceda su capacidad de regeneración, b) que el uso de recursos no renovables no exceda su capacidad de sustitución, c) que la generación de desechos y residuos no exceda las capacidades de asimilación de los ecosistemas, d) que sea equitativo, e) que supere la pobreza.

Las formas actuales de uso de los recursos naturales no son sustentables. El uso y abuso actual de los recursos hídricos, del suelo y la biodiversidad, no permitirán en un futuro contar con estos recursos, sino se modifican las tecnologías y los patrones de consumo y producción.

De esta forma: la producción, la población y la tecnologia se transforman en elementos críticos de la sustentabilidad. Esta situación nos ha obligado a replantearnos nuevos modelos alternativos que permitan un desarrollo socioeconómico más respetuoso con el medio ambiente, confrontándonos con un paradigma sin precedentes en nuestra historia, el cual consiste en otorgar la misma importancia a los aspectos sociales y ecológicos, que la que se le da a los aspectos económicos a la hora de diseñar las metas, políticas y estrategias de desarrollo de un país o una región (Holling 1993). Los nuevos sistemas productivos deben planearse bajo un esquema de desarrollo sustentable por lo que deben ser: socialmente aceptables, ecológicamente viables, económicamente rentables, y con un equilibrio entre estos mismos componentes, sociales, ecológicos y económicos. Dado que el deterioro de los ecosistemas naturales es la causa raíz de la problemática ambiental que estamos viviendo, son precisamente los ecosistemas naturales la referencia obligada de sustentabilidad ecológica.

Existe una gran variedad de parámetros y procesos del ecosistema que se pueden utilizar como criterios de sustentabilidad ecológica. Desde una perspectiva ecosistémica, los flujos de entrada y salida, tanto de energía como de materiales del sistema, son buenos indicadores pues resumen el metabolismo del ecosistema. Así por ejemplo, un sistema productivo con pérdidas de suelo por erosión, muy superiores a las tasas que normalmente ocurren en un ecosistema natural, será indicador de que el sistema se está deteriorando y por tanto será poco sustentable. Implementar prácticas de conservación de suelo disminuirá dichas pérdidas, acercando al sistema a la sustentabilidad ecológica. Dado que los procesos ecológicos se dan a diferentes escalas espaciales y temporales, también surge la inquietud sobre la escala a la que se debe evaluar y buscar la sustentabilidad.

Desde una perspectiva sistémica, la sustentabilidad debe medirse a una escala espacial y temporal inmediatamente por encima de aquélla a la que se quiere lograr la sustentabilidad (Maass 1999). Esto es, si se quiere lograr la sustentabilidad de una parcela agrícola, se debe trabajar a escala de la comunidad o de la región completa, y de igual forma, si se quiere lograr una sustentabilidad regional, se debe trabajar a escalas nacionales. Afin de cuentas la sustentabilidad es un criterio que debe operar a escalas globales.

¿Cómo fue posible que la humanidad llegó a tener la capacidad de devorar su medio ambiente a la velocidad que lo hace actualmente?

Durante miles de años la humanidad vivió consumiendo recursos naturales a una velocidad menor a la que la Naturaleza los regeneraba, fue principalmente con el **descubrimiento del petróleo que la energía obtenida al quemar estas fuentes fósiles nos dio la posibilidad de explotar con mayor intensidad otros recursos naturales,** como el agua, las tierras o los recursos pesqueros, factores que provocaron la explosión demográfica del último siglo y el modo de vida basado en el elevado consumo energético del que hoy disfruta uno de cada tres habitantes del planeta.

La explotación de esta energía barata posibilitó el estudio y desarrollo de otras fuentes de energía que contribuyen en mayor o menor grado al mantenimiento de la sociedad contemporánea.

Energia

Los seres vivos de este planeta dependen de dos substancias indispensables para la vida, el agua y la energía. Si bien la importancia del agua es ampliamente reconocida, la energía es un concepto que muy pocos consideran y mucho menos tienen en cuenta en términos de sociedad. Ya sean insectos, mamíferos o plantas, la mayoría de los organismos obtienen su energía a través de la comida.

La energía que queda disponible (energía neta o rendimiento energético) después de haber ingerido cierta cantidad de energía en forma de alimentos (*energía ingerida*) y haber utilizado parte de ésta para encontrarla, obtenerla y procesarla (*energía consumida*) ha sido parte integral de la evolución en la estructura y forma de todos los organismos.

La energía neta se mide en función de la cantidad de calorías sobrantes después de haber contabilizado y deducido las calorias invertidas en haber buscado, encontrado,

refinado y utilizado la energía original. En muchos casos, es un término ligado hasta en los principios y pérdidas físicas, de nuestro actual mecanismo mercantil de valorar las cosas por su precio. La energía alternativa se puede entender desde dos diferentes puntos de vista: aquél que reconoce la importancia de la ganancia energética y aquél que se enfoca en la cantidad, calidad y precio de la energía.

La *Energia Neta*, su importancia y sus principios regulan ya (directa o indirectamente) el curso de nuestra sociedad. Para la mayoria de los seres vivos, la energía es calorias. Durante miles de años, la selección natural ha optimizado los métodos más eficientes para capturar, transformar y consumir energia. Un león que, cazando sus presas, continuamente consuma más energía que la obtenida al devorarlas, no sobreviviria para reproducirse.

Por otro lado, los humanos en un brevísimo tiempo de evolución, descubrieron cómo liberar los componentes de hidrocarburo contenidos en los combustibles fósiles, liberando con esto, mucha más energia de la que puede ser directamente consumida. Hemos avanzado la civilización moderna a escala global, utilizando el combustible líquido en aviones, camiones y automóviles como el aglutinante que conecta a las personas con los productos.

Energia Neta

El concepto de energía neta establece que el rendimiento productivo de un sistema de conversión energética (A), debe ser mayor que la energía necesaria para mantener el sistema (B), con el fin de que el sistema rinda una mayor cantidad de energia neta. (*Fundamentos de ecologia, E. Odum*).

Para captar y consumir energía se requiere de algún tipo de inversión enegética. Esta inversión es la que determina la diferencia entre energía total y energía neta. Hay varias nomenclaturas que describen este concepto: Tasa de retorno energético, Rendimiento energético neto, sobrante energético, ganancia energética, EROI y EROEI, sin embargo, todas representan virtualmente la misma relación que existe entre la cantidad de energía que recibimos en relación a la cantidad de energia invertida o bien, retorno energético en función de la inversión energética, lo cual en su forma más simple seria Energía Invertida / Energia Obtenida. EROI = Energía Neta + 1.

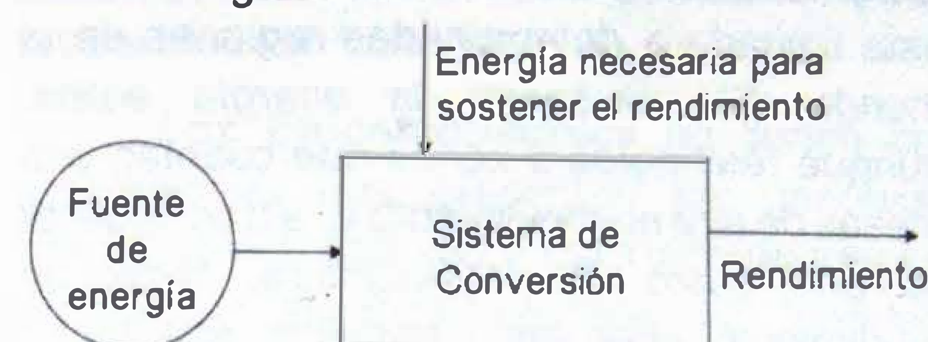
Tasa de Retorno Energético (TRE)

Rendimiento Energético

Actualmente existe la idea de que las energías renovables pueden sustituir la producción energética proveniente de la energía fósil, este mito desaparece a la luz de lo que se conoce con el término TRE "Tasa de Retorno Energético", y los datos de aportes energéticos necesarios para mantener el nivel de vida actual.

La energía o el esfuerzo humano que cuesta poner una cierta cantidad de energía a disposición de un usuario, que en el fondo no es sino consumo de energía, determina el rendimiento o eficiencia del proceso que se quiere llevar a cabo. El cociente entre la energía obtenida y la utilizada para obtenerla, es lo que se denomina Tasa de Retorno Energético (TRE) o en inglés Energy Return on Energy Investid, (EROI ó EROEI).

Aunque tiene muchas definiciones, la Tasa de Retorno Energético definida por quien se reclama el inventor del concepto, el profesor Charles A. S. Hall es: TRE=Energía entregada a la sociedad / energía depositada en esa actividad, que es más o menos, el cociente entre la energía que se obtiene libre para un fin y la que se emplea para obtener dicha energía.



Ninguna divisa interviene en este factor (ni siquiera el dólar), dado que se trata de una conversión directa de energía (en forma calorífica), la comparación se hace siempre en BTU (por sus siglas en inglés) unidad termal británica que expresa la unidad de energía de calor igual a la cantidad de calor requerida para aumentar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit al nivel del mar.

Como comparación, un vatio es aproximadamente 3.41 Btu por hora. De acuerdo a la Administración de Información de Energia, el carbón de alta calidad contiene alrededor de 10,000 Btu por libra y alrededor de 20 millones de Btu por tonelada corta o inglesa. Una tonelada de crudo (6.65 barriles) contiene alrededor de 38.6 millones de Btu.

Energía neta puede referirse tanto a una suma como a un promedio. Para un proceso de Etanol, la energia neta es tan sólo 0.2, de esta manera también podemos calcular la cantidad de energía neta, ya sea creada por la sociedad en un determinado año o la vida total de un recurso. Si en una frase se usa EROI o TRE, simplemente sustraiga uno para obtener la cifra expresada en energía neta, si se usa el término Energía Neta y se desea conocer el EROI, simplemente se agrega uno para obtener la respuesta en dicha unidad.

Fuentes de Energía

AEREN describe cómo la ciencia ha estudiado, desarrollado y explotado energía a partir de un sinnúmero de fuentes (renovables y no renovables) cada una con sus propias ventajas y múltiples desventajas, por orden de importancia se destacan las siguientes:

El Petróleo, por su fácil obtención, versatilidad, facilidad de transporte y almacenaje y la gran cantidad de energía que proporciona por unidad de volumen, se convirtió desde el inicio de su extracción comercial masiva, a principios del siglo XX, en el combustible fósil que más contribuyó al formidable desarrollo de la industria, la agricultura y los medios de transporte, permitiendo la especialización de las zonas productivas de todo el mundo.

El Carbón, un combustible muy pesado, poco eficiente, con poca versatilidad y con un gran coste de extracción y de transporte. Es muy contaminante (tanto su minería como su combustión) y es el causante de la lluvia ácida, además de contribuir al efecto invernadero. Estos problemas se verían incrementados si se tratase de sustituir al petróleo con él. Por otro lado el petróleo es 10 veces más potente que el carbón.

El Gas Natural es el combustible que más está aumentando su uso y tiene muchas ventajas, pero su explotación también contribuye al efecto invernadero y también sigue una *Curva de Hubbert* (curva que demuestra como la producción de energia fósil tiene un cenit y después declina tan rápido como creció) la cual es más pronunciada que la del petróleo, de manera que una vez que se alcance el cenit -lo que sucederá sólo unos pocos años después que el cenit del petróleo- su declive será mucho más pronunciado. En los Estados Unidos la escasez de gas ya es un problema acuciante.

La Fisión Nuclear presenta numerosas dificultades para implantarse a gran escala y a corto plazo: el enorme coste (económico y energético) de la construcción y desmantelamiento de cada central nuclear; la ausencia de soluciones al tratamiento y almacenamiento de los peligrosos residuos, que emiten radiactividad durante miles de años; el riesgo de accidentes nucleares y de atentados terroristas; los conflictos entre los países por el temor al posible empleo de la energía nuclear para fines militares; el gran impacto ambiental que genera la minería del uranio. En todo caso, aunque todos estos problemas se pudieran superar, el uranio también posee una cresta de Hubbert, que se alcanzará dentro de unos 25 años, plazo que se acortaría si se incrementase el número de centrales nucleares.

La Energía Hidroeléctrica, que sólo aporta el 2,3 % de la energía global, tiene pocas posibilidades de incrementarse significativamente. Las grandes presas siempre causan gran impacto sobre las áreas donde se construyen, y obligan a desplazarse a las poblaciones residentes en las mismas.

Las Energías Renovables (solar, eólica, mareomotriz, geotérmica...) representan tan sólo el 0,5 % del total mundial y su incipiente desarrollo ha sido posible gracias a la disponibilidad de petróleo, que es utilizado tanto en forma de materia prima como de energía para la fabricación de los costosos materiales necesarios y para la construcción de las infraestructuras aparejadas. La energía que proporcionan es difícil de transportar y de almacenar y su cantidad varía en función de agentes externos.

La energía obtenida de *celdas fotovoltaicas* tiene algunos inconvenientes: a) el elevado costo de producción de las celdas fotovoltaicas, b) su manufactura requiere de energía fósil y algunos materiales exóticos, c) su producción está centralizada y requiere de largos recorridos para su distribución, d) sus materiales conducen y radian el calor que absorben, e) su eficiencia esta limitada a determinadas regiones en el mundo. Sin embargo, la *energía eólica,* aunque restringida a zonas que cuentan con masas de aire en movimiento y, sin considerar su alto costo de manufactura, tiene un rendimiento energético bastante aceptable. La *energía mareomotriz* está totalmente restringida al acceso de lugares que cuentan con diferenciales altos en el movimiento de mareas, asi como la energía geotérmica está restringida a las zonas de la Tierra en las que las rocas del subsuelo se encuentran a temperaturas elevadas, asimismo para poder extraer esta energía es necesaria la presencia de yacimientos de agua cerca de estas zonas calientes.

Tasas de Retorno Energético de algunas Fuentes Renovables:

Mareas	15
Hidrológica	8
Eólica	5
Geotérmica	5
Metano	5
Biomasa (madera)	3
Termal Oceánica	1.1
Etanol	0.2
Fotovoltaica	0.5

Estos números muestran que la producción de energía a partir de centrales con aprovechamiento de los diferenciales en las mareas, hidroeléctricas, eólicas geotérmicas y metano son "rentables" en los términos establecidos por el orden social contemporáneo, mientras que la producción de biomasa, y en especial de etanol a partir de maíz, no es de ninguna manera viable. Aparte del hecho que esas energías son, en realidad, sistemas no renovables apenas

Algas ?

capaces de captar energías renovables que pueden dejar de serlo, especialmente en el caso de los biocombustibles cuyos requerimientos de agua dulce, fertilidad en las tierras y los combustibles necesarios para producirlos son limitados.

Los Biocombustibles no tienen las prestaciones que presentan los gasóleos obtenidos del petróleo y, para incrementar su producción significativamente, se tendrían que dedicar una gran cantidad de tierras fértiles a su cultivo, lo que es complicado en un mundo en el que el hambre y la desertización son dos de sus problemas de más difícil solución. Además, nuevamente el petróleo aparece como el recurso que está detrás de su desarrollo, pues el proceso de siembra, tratamiento, fertilización, riego, cosecha, transporte y distribución requiere de energía que en la actualidad se obtiene del "oro negro".

De acuerdo con algunos reportes publicados, tanto por la Universidad de Cornell como la Universidad de Berkley-California, de estudios realizados en relación al uso de combustibles fósiles en la producción de biomasa con la finalidad de transformarla en combustible, se llegó a la conclusión de que se consume mucha más energía para producir biomasa a partir de plantas como el maíz, la soya y el girasol, que el etanol o biodiesel generado por esta biomasa.

En *Cornell*, el profesor de ecología y agricultura, *David Pimentel* asegura que "simplemente no hay ningún beneficio energético al utilizar plantas para producir combustible líquido" y agrega que "estas prácticas no son sostenibles". *Pimentel y Tad W. Patzek*, profesor civil y de ingeniería medioambiental en *Berkley*, llevaron a cabo un detallado análisis de las cantidades de energía invertidas para producir etanol a partir de maíz, pasto y madera, así como para producir biodiesel a partir de plantas oleaginosas como la soya y el girasol, este reporte fue publicado en *Natural Resources Research (Vol. 14:1, 65-76)* y muestra que, en términos de energía resultante comparada con la energía invertida:

- Si se utilizan 10 litros de combustible fósil en la producción de maíz, se obtienen aproximadamente 7 litros de etanol.
- Si se utilizan 10 litros de combustible fósil en la producción de **pasto varilla o pasto aguja (Panicum virgatum)** se obtienen aproximadamente 5 litros de combustible.
- Si se utilizan 10 lts de combustible fósil en la producción de biomasa a partir de eucalipto se obtienen aproximadamente 4 litros de combustible.
- Si se utilizan 10 litros de combustible fósil en la producción de planta de soya se obtienen aproximadamente 7 litros de combustible.
- El girasol requiere 118 % más energía fósil que el combustible obtenido de su producción.

Para evaluar los aportes, se consideraron factores tales como la energía utilizada en producir el cultivo (incluyendo la producción de fertilizantes y pesticidas, el combustible necesario para mover la maquinaria agrícola, el riego, la molienda y el transporte de la cosecha) además se incluyó el costo de la fermentación y destilación del etanol.

Aunado al hecho de que se incurrió en costos adicionales que no fueron incluidos en el estudio (como subsidios estatales y federales que le son pasados a los consumidores además de costos asociados con la contaminación ambiental y la degradación de los suelos) es que Pimentel concluye que "producir etanol o biodiesel a partir de biomasa no es el camino correcto,

porque se utiliza más energía para producir estos combustibles que la que se obtiene de la combustión de estos productos", y añade que ***"el gobierno norteamericano gasta más de 3 billones de dólares anuales para subsidiar la producción de etanol cuando esta producción no sólo no genera ganancia, ni siquiera logra un balance energético neto, además no es una energía renovable y tampoco es un combustible económico, más aún, su producción y uso contribuyen al calentamiento global y la contaminación de la tierra, el aire y el agua".***

El investigador señala que, encima de todo esto, la gran mayoría de los subsidios no llegan a los campesinos productores sino a las grandes corporaciones de producción industrial de etanol.

El hecho de que el "etanol no puede ser producido en grandes cantidades como para hacer una diferencia real en el abasto de combustible sin afectar severamente la producción de alimentos", queda puesto en evidencia con el hecho de que en el 2007 los EU dedicaron el 25% de sus cosechas a la producción de 6.5 billones de galones de etanol.

Quemando todo ese etanol se liberan 0.6 exajoules (10" a la 18 joules), cantidad que, comparada con el consumo energético anual (105 exajoules) significa el 0.6% del total. Si se dedicara a la producción de etanol el 100% de todo el maíz producido en los EU se abastecería solamente el 2.5% de la demanda total; considerar que el 2.5% es una gran diferencia, es cuestión de opiniones, pero lo que queda claro es la implicación de perder en su totalidad el abasto de este alimento a favor de su uso en forma de etanol, hecho que confirma que el "mito" es indiscutiblemente real.

La Fusión Nuclear es la fuente de energía de la que se dice que resolverá todos los problemas energéticos en el futuro. Pero las complejidades tecnológicas a superar son de tal magnitud, que desde que se planteó inicialmente ya se advertía que no iba a estar disponible al menos antes de pasados unos 50 años, y así se continúa diciendo en la actualidad, pese a que han pasado más de 30 años desde entonces. Se necesita alcanzar temperaturas superiores a cien millones de grados para que se produzca la reacción de fusión; materiales que resistan las altas temperaturas y la radiación; lograr que la energía liberada sea mayor que la necesaria para calentar y mantener aislado el combustible; y finalmente, desarrollar dispositivos que capturen la energía generada y la conviertan en electricidad, de tal manera que de todo el proceso se obtenga un balance energético suficientemente positivo.

El Hidrógeno, por último, no es una fuente de energía. Se plantea como combustible para el transporte porque no contamina y se puede utilizar de forma líquida (como los derivados del petróleo). Pero el hidrógeno libre es muy raro en la naturaleza y se necesita más energía para obtenerlo de la que proporciona.

Además, requiere de muy bajas temperaturas para mantenerse líquido - lo que a su vez requiere energía-, ocupa más volumen por unidad de energía que las gasolinas o el diesel, y haría falta adaptar a él los vehículos actuales y los sistemas de transporte y distribución de combustible de hoy en día.

Como vemos, el petróleo es en realidad una fuente energética insustituible en la que absolutamente toda la sociedad contemporánea ha basado su desarrollo, de aquí que es obligado un análisis un poco más profundo de este recurso para comprender las implicaciones de su uso.

El Petróleo

El petróleo es un recurso natural único y que para la humanidad constituye una fuente de energía muy eficiente, fácil de extraer, transportar y utilizar, así como una materia prima con la que se obtienen una gran variedad de materiales. La abundante disponibilidad de petróleo ha sido determinante en los profundos cambios que ha experimentado la humanidad en el último siglo, hasta llegar al estado de dependencia del "oro negro" en la que se encuentra el mundo actual, presente en casi todo lo que utilizamos y fuente de energía que mueve el 95% del transporte mundial. El petróleo ha sido también esencial en el incremento de la capacidad de producir y distribuir alimentos y en los avances logrados en medicina, contribuyendo a la multiplicación explosiva de la población mundial, desde los dos mil millones de seres humanos a mediados del siglo XIX hasta los aproximadamente seis mil quinientos millones de la actualidad.



La Sociedad Contemporánea y su Dependencia del Petróleo

Así fue como la energía barata del petróleo posibilitó el incremento de la producción y del comercio a nivel mundial, implicando también una mayor dependencia del crudo y de los productos proporcionados por el mismo.

Hoy en día, nuestra sociedad y modo de vida actuales son posibles gracias al uso intensivo del petróleo ya que, actividades tan básicas como la industria, la producción eléctrica, los transportes, la construcción, el turismo, la agricultura, la pesca, la ganadería, la minería, la medicina y demás actividades humanas son totalmente dependientes de la disponibilidad inmediata del crudo.

El Poder Politico Mundial tiene un consenso generalizado con Washington, y la economía mundial está gobernada por un Poder Corporativo Transnacional, es decir un Gobierno Global basado principalmente en financiamiento, mercado y divisas fiduciarias todas ellas pendientes de la evolución de los mercados energéticos.

La Economia Mundial está dominada por compradores que han monopolizado el comercio de materias primas baratas (en especial el petróleo). Existe una fuerte especialización y economías de escala en la producción, así como una estructura de clases y estatus de símbolos globalizados. En los últimos 20 años ha habido una explosión de servicios financieros, casas de bolsa, bancos, cajas de ahorros, fondos, etc. Mientras que la **mitad de la riqueza mundial está en manos de tan sólo el 2% de la población mundial,** pocos nos damos cuenta de lo que significa haber nacido en esta época, en la actualidad no se puede concebir la vida (como la conocemos) sin contar con esta fuente de energía tan barata, *enciende tu auto, prende la luz, cómprate unas papitas, tómate un refresco o haz casi cualquier cosa y seguramente estás consumiendo petróleo,* se puede decir que literalmente somos hijos del petróleo. Ningún otro evento ha provocado la trasmigración de grandes masas de gente desde los enclaves rurales hacia las ciudades como el descubrimiento del petróleo.

Ningún otro tipo de energía ha facilitado y ha sido mejor excusa para la guerra que el petróleo, ningún otro recurso natural ha promovido la movilización de tropas para invadir países como el petróleo.

La Agricultura. La agricultura sigue siendo el primer oficio de la humanidad con más de la mitad de la población siendo campesinos, tres de cada cuatro de ellos aún trabajan la tierra a mano. Sin embargo, actualmente esta actividad es una consumidora neta de energía (petrolizada). La producción comercial de alimentos se basa en el uso intensivo del petróleo, el cual posibilitó la mecanización de la agricultura y la extensión de los regadíos. El petróleo se emplea tanto en forma de energía para el arado, siembra, recolección, bombeo del agua, tratamientos, cosecha, transporte, conservación y distribución, como en la fabricación de los insecticidas, abonos y conservantes alimentarios, literalmente se puede decir que en la ciudades "comemos petróleo". Esta agroindustrialización está provocando un éxodo humano que envía a las ciudades un millón de campesinos a vivir en condiciones infrahumanas cada semana.

Por otro lado, el petróleo propició que hoy la agricultura consuma más el 70% del agua dulce, gran parte de la cual es agua fósil que tardó miles de años en ser almacenada y que en tan sólo 40 años está agotándose a una velocidad alarmante. Los renglones más preocupantes son justamente la producción de carne y leche (se requieren 13,000 lts de agua para producir 1 kg de carne, y solamente 100 lts para producir 1 kg de papas). Además de ser un energético muy económico utilizado para: mover barcos, camiones, aviones, tanques, misiles y todo tipo de vehículos, calentar o enfriar espacios; **con sus derivados** se puede producir ropa, calzado, jabón, fibras sintéticas, colchones, llantas, fertilizantes, medicamentos, explosivos, etc La energía obtenida al quemar estas fuentes fósiles dio a la humanidad la posibilidad de explotar con mayor intensidad otros recursos naturales, como el agua, las tierras o los recursos pesqueros, lo que permitió la explosión demográfica del último siglo y el modo de vida basado en el elevado consumo energético del que hoy disfruta aproximadamente un tercio de los habitantes del planeta.

Hoy en día, hemos dejado atrás la era industrial para dar paso a la era de la globalización, la cual tiene características muy definidas. En vista de que todo esto ha sido posible gracias a la energía "barata" contenida en el petróleo, es importante entender las implicaciones y conceptos que tiene el consumo de combustible fósil.

(Publicación de AEREN, Asociación para el estudio de los recursos energéticos).

Punto Máximo de Producción
(Cenit de producción)

Contrario a lo que se dice, el petróleo es un recurso renovable, sin embargo, a escala humana su tiempo de regeneración es tan lento que se le considera como recurso no renovable (se necesitan 500 millones de años para regenerar lo que hemos consumido a la fecha). Los yacimientos en realidad no "producen" (en el sentido estricto de la palabra) sino más bien "contienen" una cantidad limitada de reservas. Cuando se extrae la mitad del total del petróleo contenido en un pozo se dice que el pozo ha llegado a su **cenit (punto máximo de producción),** este cenit puede ocurrir tanto en un campo petrolero, como en una nación o en el mundo entero.

Los yacimientos petroleros más grandes, de mejor calidad y de más fácil acceso, son los primeros en ser explotados, al llegar a su cenit, la extracción en un pozo determinado cuesta más tiempo, dinero y esfuerzo debido a que la profundidad es cada vez mayor y el crudo es cada vez más pesado.

La explotación de petróleo de aguas profundas y del ártico sólo puede encubrir el reciente cenit del petróleo convencional por unos cuantos años (a un mayor costo). El gas natural es el único combustible de alta calidad con altos rendimientos energéticos el cual puede sustituir al petróleo, sin embargo la producción de gas natural va a llegar a su cenit rápidamente después del petróleo.

El Descenso Energético

En cualquier yacimiento, una vez alcanzado el cenit de producción inevitablemente viene un descenso de su producción hasta llegar el punto en el que ya no es rentable el seguir explotando el recurso. Se le llama descenso energético al momento en el que un pozo, un yacimiento, una nación o el mundo entero empiezan a disminuir su producción energética. La naturaleza tardó 1000 millones de años para producir el petróleo que existe en el planeta.

En tan sólo los últimos 70 años ya hemos consumido la mitad de estas reservas. Las consecuencias más apremiantes de este consumo son el aumento desproporcionado en la población, el incremento en el uso de energéticos y las secuelas medioambientales que estos aumentos están provocando. El petróleo y sus derivados están ya restringiendo el desarrollo humano, después de 300 años de crecimiento continuo y 50 años de crecimiento súper-acelerado.

El fin de la era de energía barata se acerca, dado que las reservas del oro negro están llegando a su fin no sin antes atentar contra la vida entera del planeta. La economía mundial no permite que la Geología le imponga sus leyes y realidades físicas, mucho menos sus consejos de administración, por lo que los gobiernos de todos los países siguen planificando crecimientos económicos a diestra y siniestra como si el abasto de materias primas (recursos naturales) fuera infinito.

Hablando en términos de Sostenibilidad energética, los combustibles fósiles y la biomasa abastecen alrededor del 95% de nuestro consumo. Para poner esta cifra en contexto, citamos el cálculo del biólogo Jeffrey Dukes *"Los combustibles fósiles que quemamos en tan sólo un año, equivalen a cuatro siglos de crecimiento de plantas y animales"*.

¿Cuánto tiempo más podemos continuar así?. Como decíamos, la TRE (Tasa de Retorno Energético) indica el rendimiento (en litros) que produce un pozo petrolero (o su equivalente a cualquier otra fuente energética). Por cada litro invertido en exploración, extracción, transporte y demás costos. Para entender esto, basta mencionar que en los albores del descubrimiento del petróleo la tasa de retorno energético llegó a ser de 1 a 100, es decir que por cada litro de petróleo invertido en algunos de los pozos en EUA se obtenían 100 litros de crudo. 1:100

Según los estudios realizados por el profesor *Charles Hall* (Universidad de Nueva York), pionero mundial junto con *Cleveland* en el estudio de estas tasas, denuncia que actualmente la TRE de los productores en USA esta entre las 5 a 10 unidades (10 veces menor a lo que era apenas hace 80 años). 1:5-10

La tasa de retorno energético puede ser utilizada como indicador de viabilidad, calidad y accesibilidad a los yacimientos de petróleo, un menor rendimiento en la TRE significa mayores dificultades (mayores costos) para explorar, descubrir y explotar un pozo determinado. Cabe mencionar que, de acuerdo a los cálculos hechos por el ingeniero Ambientalista y Ecologista de Sistemas Mark T. Brown **"para mantener el nivel de vida actual es necesario que cualquier fuente energética tenga una Tasa de Retorno Energético de 4 como mínimo".**

Las Tasas de Retorno Energético de algunas fuentes NO Renovables son:

Petróleo USA(1953) *	17
PetróleoAlaska *	11
Gas natural USA*	7
Petróleo USA(2000) *	6
Carbón USA*	4
Energía Nuclear **	3

** (sin contar las implicaciones y costos de contaminación ambiental).*
*** (sin contar las implicaciones y costos de lidiar con los residuos radiactivos).*

Esta información muestra cómo la tasa de Retorno Energético del petróleo ha caído de 17 a sólo 6 unidades (y a sólo 2 unidades de convertirse en inviable), también muestra que el rendimiento del carbón apenas si cumple la ley de *Mark T. Brown* (quién a la vez, ubica a la energía nuclear por debajo de lo mínimo requerido para mantener el nivel de vida de la sociedad).

En Resumen

Se estima que la humanidad ha consumido, en tan sólo cien años, cerca de la mitad del petróleo existente inicialmente, el cual necesitó quinientos millones de años para formarse en el subsuelo de diversas áreas de nuestro planeta.

Estamos quemando petróleo a una velocidad de un millón de veces más rápido de lo que la Naturaleza es capaz de regenerarlo. Numerosos estudios venían advirtiendo (desde hace décadas) que una vez consumida la mitad de las reservas de petróleo del planeta, el ritmo de extracción comenzaría a decaer.

Esto significa que la generación de comienzos del siglo XXI se enfrenta al descenso de la disponibilidad del recurso más esencial para el mantenimiento del sistema económico y del modo de vida actuales; lo que constituye tal vez el mayor desafío al que se enfrenta la sociedad de nuestros días, puesto que no existe ningún otro recurso conocido con sus cualidades y prestaciones.

Pese a las inversiones realizadas, en la actualidad no se dispone de sustitutos que puedan reemplazar al petróleo como fuente de energía -en especial para obtener carburantes para el transporte- ni como materia prima para los más de tres mil productos de uso común que se obtienen del mismo.

En los últimos años ha habido una progresiva disminución de producción adicional de petróleo, debido a las dificultades para incrementar la oferta al ritmo que lo hace la demanda, de forma que el precio del crudo ha experimentado un notable ascenso, por lo que cabe esperar que este proceso se vaya acentuando. Los incrementos en los costes energéticos y los desabastecimientos pueden llevar a la economía mundial a una recesión sin precedentes, cuyos primeros síntomas se están haciendo notar de forma cada vez más evidente. De hecho, en Mexico, la disminución al subsidio de la gasolina es ya una realidad a la entrada del 2010, debido a la cada vez menor disponibilidad del crudo.

Las reservas de petróleo tienen un límite, podemos utilizarlas inteligentemente para crear sistemas sostenibles que aseguren el equilibro y la sobrevivencia de todas las especies... incluyendo la nuestra, o podemos gastarlas irracionalmente en cosas sin sentido y al final quedarnos con las manos vacías.

Realidades Económicas

Uno de los textos que mejor resume la situación económica actual es el redactado por el *Hearth Policy Institute* (Instituto de Políticas de la Tierra) en su alerta número 21 en la que denunció que cuando *Nicholas Stern*, ex-economista jefe en el Banco Mundial, lanzó su impactante estudio a finales de 2006 sobre los futuros costes del cambio climático, habló de un fallo masivo del mercado. Se refería al fallo del mercado para incorporar los costes del cambio climático por quemar combustibles fósiles. Los costes, dijo, se medirían en billones de dólares. La diferencia entre los precios de mercado de los combustibles fósiles y los precios que también incorporan los costes ambientales a la sociedad, es enorme.

En la actualidad vivimos una economía totalmente globalizada, cuya influencia llega a todos los rincones del planeta. Su poder es absoluto y va mucho más allá del poder de cualquier gobierno de cualquier nación (desarrollada o no).

El sistema económico basa su poderío en la disponibilidad energética fósil, y no toma en cuenta los costes indirectos de la explotación y uso de esta energía "barata".

Ecosistemas devastados, contaminación del aire, derrames de petróleo en el mar, lluvia ácida y el cambio climático son problemas que hasta hace poco eran "asumidos" por el planeta, sin embargo su capacidad de mantener un entomo sano ha sido dramáticamente mermada por el crecimiento desmedido del consumo de petróleo en todas sus modalidades. Según el Capítulo 1, *"Entering a New World"* en *Lester R. Brown*, Plan B 3.0: *Mobilizing to Save Civilization* (Nueva York: W.W. *Norton & Company*, 2008), estos costes indirectos estaban ya excediendo los costes directos de su uso (como serían simplemente los de, por ejemplo: explorar, perforar, extraer y transportar el petróleo a una central eléctrica). Mientras que en el 2007, el precio en la gasolinera era de 80 centavos US por litro (precio que refleja solamente el coste de descubrir el petróleo, de bombearlo a la superficie, de refinarlo en gasolina y de llevar el combustible a las gasolineras), no toma en cuenta los costes del cambio climático, así como los costes de los **subsidios** de impuestos a la industria de petróleo (como el permiso por agotamiento del petróleo), los **costes militares** que se generan por proteger el acceso al petróleo en el politicamente inestable Oriente Medio y los costes de los cuidados médicos para tratar enfermedades respiratorias debidas a la respiración de aire contaminado.

Según un estudio del *International Center for Technology Assessment*, estos costes actualmente suman casi 3.17 dólares por litro de gasolina quemado en Estados Unidos. Si los agregáramos a los $ 0.80 US del coste de la gasolina en sí misma, los conductores pagarían casi 4 dólares US por litro de combustible en la gasolinera.

En realidad, quemar la gasolina es muy costoso pero el mercado nos dice que es barato distorsionando profundamente la estructura de la economía. Los desafíos que encaran los gobiernos son reestructurar los sistemas fiscales incorporando sistemáticamente los costes indirectos como

impuestos, para cerciorarse de que el precio de los productos muestra sus costes completos a la sociedad a la par que se compensa este incremento con una reducción en impuestos sobre la renta o con algún otro incentivo fiscal que sea transparente. Como resultado de ignorar estos costes indirectos, **el mercado está infravalorando muchos bienes y servicios, creando distorsiones económicas.**

La desinformación que emite el mercado

Para que los mercados trabajen y los agentes económicos tomen decisiones correctas, los mercados deben darnos información buena, incluyendo el coste completo de los productos que compramos. Como responsables económicos, consumidores, planificadores corporativos, responsables políticos del gobierno, inversores bancarios, todos dependemos del **mercado** para obtener información que nos guíe.

Sin embargo, el mercado nos da **información errónea,** consecuentemente, estamos tomando malas decisiones, tanto que están amenazando a la civilización. El mercado es, en muchos ámbitos, una institución increíble. Asigna recursos con una eficacia que ningún organismo central de planeamiento puede emparejar y equilibra fácilmente la oferta y la demanda.

Aún así, el mercado tiene algunas debilidades fundamentales; en primer lugar, no incorpora los costes indirectos de producir mercancías en los precios; no valora los **servicios de la naturaleza** correctamente; y no respeta los umbrales sostenibles de la producción de sistemas naturales. También favorece el corto plazo por encima del largo plazo, demostrando poca preocupación por las futuras generaciones.

Reflejar los costes reales de los productos para controlar la demanda

Hoy más que nunca, necesitamos líderes políticos que puedan ver el **panorama completo,** que entiendan la relación entre la economía y sus sistemas de apoyo ambientales. Y puesto que los consejeros principales del gobierno son economistas, necesitamos a economistas que puedan pensar como ecologistas. Desafortunadamente, son raros. *Ray Anderson,* fundador y presidente de *Interface,* empresa con base en Atlanta y principal fabricante de alfombras del mundo, es especialmente crítico con la economía que se enseña en muchas universidades:

"Continuamos enseñando a los estudiantes de economía a confiar en la mano invisible del mercado, cuando la mano invisible está claramente ciega a las externalidades y genera subsidios masivos, tales como una guerra para proteger el petróleo para las compañías petroleras, como si los subsidios fueran merecidos. ¿Podemos confiar realmente en una mano invisible ciega para asignar los recursos racionalmente?".

El mundo después del Petróleo

El petróleo nunca se agotará, es imposible extraer el 100% de los yacimientos, simplemente porque llega el punto en el que no es energética y económicamente viable, el agotamiento se plantea desde una perspectiva tecnológica y económica, no geológica.

Como dijo *C. Campbell & J. Laherrère* en 1998, *"El mundo no se está quedando sin petróleo –al menos aún no–. Lo que nuestras sociedades encararán, y pronto, es el fin del petróleo abundante y barato del que dependen todas las naciones industriales".*

Lo que estamos afrontando es una transición energética, económica, tecnológica, sociopolítica, cultural, ambiental, rural, urbana, social... el desafío es sustituir, paulatinamente, el recurso que conformó la sociedad contemporánea.

¿Qué pueden hacer los gobiernos ante el cenit del petróleo?

PROTOCOLO SOBRE AGOTAMIENTO DEL PETRÓLEO

Uppsala Hydrocarbon Depletion Study Group. *Uppsala University, Suecia.*

CONSIDERANDO que el paso de la historia ha registrado un aumento en el ritmo de cambios tal que, la demanda de energía ha crecido rápidamente en paralelo con la población mundial en los últimos doscientos años, desde la Revolución Industrial;

CONSIDERANDO que el suministro de energía que demanda la población ha provenido fundamentalmente del carbón y del petróleo, que se han creado de forma muy lenta en el pasado geológico y que tales recursos están inevitablemente sujetos al agotamiento;

CONSIDERANDO que el petróleo proporciona el noventa por ciento del combustible para el transporte, que es esencial para el comercio y juega un papel crítico en la agricultura, necesaria para alimentar a una población en expansión;

CONSIDERANDO que el petróleo está distribuido de forma irregular en el planeta, por razones geológicas bien conocidas, y la mayoría del mismo concentrado en cinco países que bordean el golfo Pérsico;

CONSIDERANDO que todas las áreas productivas del mundo ya se han identificado con la ayuda de tecnologías avanzadas y con un cada vez mayor conocimiento geológico, siendo evidente que los descubrimientos alcanzaron un cenit en los años sesenta, a pesar del progreso tecnológico y una búsqueda diligente;

CONSIDERANDO que el pasado cenit en los descubrimientos conduce inevitablemente a un cenit correspondiente de la producción en la primera década del siglo XXI, suponiendo que no se da una reducción drástica de la demanda;

CONSIDERANDO que el efecto del declive de este recurso vital afecta a todos los aspectos de la vida moderna, lo que tiene graves implicaciones políticas y geopolíticas;

CONSIDERANDO que es conveniente planificar una transición ordenada a un nuevo entorno mundial de un suministro reducido de energía, haciendo las provisiones anticipadas para evitar el gasto de energía, estimular la entrada de energías sustitutivas y aumentar la duración del petróleo remanente;

CONSIDERANDO que es deseable enfrentarse a los retos que surgen de una forma cooperativa y equitativa, que pueda tratar las preocupaciones relacionadas con el cambio climático, la estabilidad económica y financiera y las amenazas de conflicto por el acceso a los recursos críticos.

SE PROPONE POR TANTO:

1. Convocar una convención de naciones para considerar este asunto, con vistas a conseguir un Acuerdo, con los siguientes objetivos:

a) Evitar el lucro con la escasez, de forma que los precios del petróleo puedan mantener una relación razonable con los costes de producción.

b) Permitir a los países pobres realizar sus importaciones.

c) Evitar la desestabilización de los flujos financieros que surjan de los excesivos precios del petróleo.
d) Promover que los consumidores eviten el despilfarro.
e) Estimular el desarrollo de las energías alternativas.

2. Este Acuerdo tendrá las siguientes líneas generales:
a) Ningún país producirá petróleo más allá de su tasa actual de agotamiento, que se define en la producción anual como un porcentaje de la cantidad que se estima queda por producir.
b) Cada país importador reducirá sus importaciones para ajustarse a la tasa mundial de agotamiento, deduciendo cualquier producción local.

3. Se regularán detalladamente las definiciones de las diferentes categorías de petróleo, sus exenciones y calificaciones y los procedimientos científicos para la estimación de la tasa de agotamiento.

4. Los paises signatarios cooperarán para proporcionar información sobre sus reservas, permitiendo auditorias técnicas, de forma que se pueda determinar con precisión la tasa de agotamiento.

5. Los paises signatarios tendrán el derecho a apelar la valoración de su tasa de agotamiento si cambian las circunstancias.

En resumen, el Protocolo de Uppsala prevé, no sólo reducir las emisiones, sino impulsar la simplicidad en nuestra vida y adaptamos a las tasas de agotamiento de los combustibles, pues es una medida indispensable para intentar evitar el gran colapso social que se avecina.

Es un alegato para que las naciones dejen de intentar seguir consumiendo lo que queda de petróleo sin orden ni concierto, para que lo hagan de forma racional, lo cual debe ser obligatoriamente de manera decreciente. Sólo de esta forma se podrá evitar sucumbir a la evidencia geológica de un recurso que se agota. Persistir en el consumo exacerbado de petróleo es sin duda una insensatez humana, impulsada por quienes no reconocen límites al crecimiento económico.

Los humanos debemos replantear a fondo nuestros estilos de vida en base a un respeto a nosotros mismos y al medio que nos rodea, utilizando los recursos naturales sin sobrepasar el ritmo de su re-generación. Una vez que se reconozca que *"el bienestar de la población y la riqueza de la Nación consiste justamente en vivir dentro de la Capacidad Regenerativa de la Naturaleza"* nos daremos cuenta de que una de las enormes ventajas que tiene Latinoamérica es su situación geográfica, cuyo clima nos permite vivir sin una dependencia energética como la que tiene el vecino país del norte o los países europeos (cuyas necesidades energéticas debido a sus fríos inviernos son muy elevadas) y que lejos de estar en una posición desventajosa estamos ante un paradigma que nos ofrece múltiples oportunidades.

Contamos con poco tiempo, pero aún podemos entrar en una transición (lenta pero segura) hacia una economía y sociedad post-petrolera, en la que el desarrollo de las comunidades locales y regionales esté basado en la autonomía energética y alimentaria. Es necesario concienciar a las personas acerca de la necesidad de disminuir el consumismo al punto donde la producción de basura sea nula.

Hacer de la restauración ambiental una prioridad nacional (y personal), implementando bancos de semillas nativas que mantengan y promuevan la biodiversidad (desde pequeñas hierbas hasta los árboles más grandes), para luego utilizarlas en viveros locales y regionales que permitan una reforestación diversificada y adaptada al manejo silvopastoril, la cual se convierta, a mediano plazo, en una de las fuentes energéticas más importantes de cada país.

En el medio rural es indispensable:

1. Cambiar los métodos de agricultura (importados de países con climas radicalmente diferentes a los nuestros).

2. Promover fuertemente el control de erosión y la rehabilitación de las tierras a través de un "manejo hidrológico de suelos" pertinente a nuestro clima y suelos (evitando la aplicación del *Sistema de Conservación de Suelos* impuesto en todo el mundo por los EUA pues es justamente lo que ha provocado la erosión, pérdida y detrimento de nuestras tierras).

3. Incrementar la capacidad de captación pluvial en el suelo a tvés del incremento en la biomasa y biología del suelo lo que redunda en la captura de dióxido de carbono, en el incremento de la fertilidad y en el aumento de la producción de alimentos.

4. Promover una agricultura orgánica Campesina capaz de generar sus propios agro-insumos con mínima o nula dependencia de los combustibles fósiles y cuyos productos estén al alcance de su propia gente.

5. Apoyar y fomentar redes locales de economía, mercados y tianguis orgánicos, que han demostrado que la relación productor consumidorfunciona y muy bien.

6. Canalizar fondos a las universidades y centros de investigación para apoyar el desarrollo de fuentes apropiadas de energía en base al sol, vientos, oleajes y posibilidades de aprovechamiento de las cuencas hidroeléctricas (a menor escala), que existen en el país.

¿Qué puedes hacer tú ante el cenit del petróleo?

Cuando se plantea la posibilidad de una inminente escasez de los recursos energéticos, existe, entre la opinión pública, el convencimiento de que *ha de haber soluciones* y de que *la tecnología lo podrá resolver todo*, sin cuestionarse el crecimiento económico, la viabilidad de nuestro modo de vida y sus consecuencias.

Sin embargo, hasta ahora las mejoras logradas por la tecnología en eficiencia energética no se han traducido en reducciones del consumo energético global. La historia de la humanidad ofrece abundantes ejemplos de civilizaciones muy avanzadas que sucumbieron cuando excedieron los límites en el consumo de los recursos en los que basaban su desarrollo. En cualquier caso, en un espacio limitado como nuestro planeta, toda sociedad cuyo modo de vida esté basado en el crecimiento continuo, llegará inevitablemente a un punto en el que se enfrente al límite marcado por el agotamiento de los recursos disponibles.

No está en nuestras manos decidir las políticas de los gobiernos, ni los comportamientos de consumo de los habitantes de todo el mundo para orientarlos hacia una transición lo más suave posible a los tiempos con una menor disponibilidad de petróleo. Los cambios necesarios tendrían que ser probablemente demasiado complejos, con medidas impopulares y muy difíciles de asumir, basadas en la reducción del consumo y del transporte privado, tendencia al crecimiento negativo de las economías y de la población, etc. Seguramente habrá que cambiar todo el modelo de vida que se ha creado sobre la base de una ilimitada disponibilidad de petróleo.

Pero independientemente de que estos cambios se produzcan, el hecho es que tu propia comodidad está basada en el pillaje de las riquezas del planeta y en la privación a otras gentes (y de futuras generaciones) de sus propios recursos locales. En la medida que reducimos nuestra dependencia de la Economía Global y la remplazamos con economías locales y del hogar, reducimos la demanda que conllevan las desigualdades actuales.

Cada uno de nosotros puede adoptar algunas medidas que en general se pueden agrupar en cuatro líneas de actuación:

1) Informarse. Es importante seguir informándose tratando de conocer y comprender las implicaciones y las consecuencias que el cenit del petróleo puede tener en los años venideros.

2) Prepararse. Cuanto antes comencemos a mentalizarnos, en mejores condiciones estaremos para adaptamos a los cambios que se vayan produciendo, afrontarlos con éxito, ayudar a los demás y, en general, atenuar los efectos para nosotros y para las personas de nuestro entorno.

3) Actuar. Podemos empezar a cambiar ya nuestras vidas hacia un menor nivel de consumo en general (y energético en particular). Lo que será útil para: reducir nuestra contribución a la situación a la que el sistema actual está llevando a la humanidad; disminuir la presión que nuestro modo de vida ejerce sobre los sistemas naturales que sustentan la vida en nuestro planeta; aminorar el ritmo de agotamiento del petróleo y de otros recursos; y, por último, estar mejor preparados para los tiempos en que nos veamos obligados a ello. Si a la situación global que enfrentamos como especie, se ha llegado como suma de las acciones individuales de todos los seres humanos que pueblan el planeta Tierra, es entonces través de la decisión individual de cada uno de nosotros, que podemos influir en ella y transformarla. **Aprender Permacultura,** responsabilizarte de la producción de tus propios alimentos (huerto familiar orgánico), utilizar bicicleta o transporte colectivo, dejar de consumir basura, comprar en mercados locales productos locales a granel, utilizar lo mínimo de electricidad, usar letrina seca en lugar de contaminar agua son algunas de las pequeñas cosas que tiene un gran impacto a nuestro alrededor, marcan la diferencia y te preparan para la nueva cultura sustentable que ya habita hoy por todo el planeta.

4) Divulgar. Cuantas más personas conozcan la situación, más posibilidades hay de que comiencen a adoptar a su vez acciones positivas. Una opción puede ser transmitir la realidad de la crisis energética difundiendo este u otros artículos, empleando para ello los medios y canales de que cada uno disponga, ya sea a través de Internet, publicaciones, dirigiéndose a medios de comunicación, asociaciones y autoridades locales, centros educativos, etc.

Hay que ser parte de la solución, en nuestras manos está decidir cuándo empezar a actuar de forma que nuestra influencia sea en positivo.

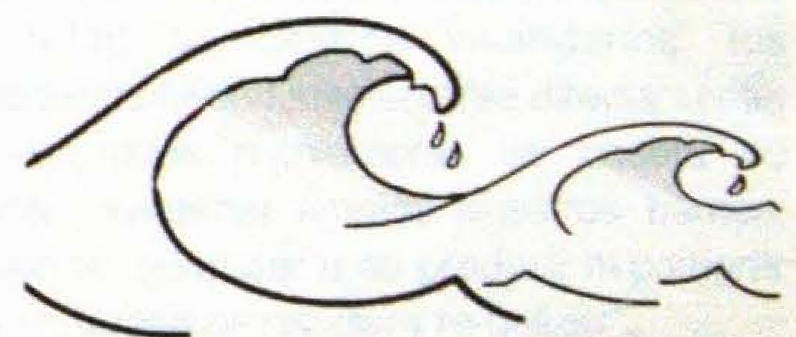
(Publicación de *AEREN*, Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos)



El petróleo es como una droga, deforma la percepción de la realidad, lo duro viene cuando ya no se tiene.

La imagen corresponde al logotipo de la película "A Crude Awakening" de Basil Gelpke y Ray McCormack.

Capítulo II



La Cultura de Transición

En un futuro muy cercano, las sociedades van a obtener la totalidad de su energía a partir de Recursos Renovables,

La habilidad para conservar el equilibrio entre el Consumo y la Regeneración de estos recursos va a determinar la riqueza y bienestar de la población

CAPÍTULO DOS
La Cultura de Transición

Cultura Global

Cada segundo nacen tres personas y cada siete segundos se pierde una hectárea arable del planeta, a este proceso se le llama la *Cuenta Regresiva*; de no haber un cambio en el uso y abuso de recursos naturales la *cuenta regresiva* determinará el fin de la *Cultura Global* (y de gran parte de la humanidad) cuya corta duración está marcada por el **ascenso de la población** y el tope de producción de petróleo.

En el escenario improbable de que las reservas de petróleo sean suficientes, podremos completar la *cuenta regresiva* y al final quedarnos sin tierra arable (ni alimentos). Quienes sobrevivan, tratarán entonces de vivir de una manera más sostenible con lo que haya quedado; en el caso de que la disponibilidad de petróleo no sea suficiente, la humanidad está obligada a replantearse su estilo de vida para adaptarse a la nueva *Cultura de Transición* que nos llevará hacia una estable y duradera *Cultura Sustentable de Baja Energía*.

Citando a Claude Lévi-Strauss "Nuestro profundo error consiste en que siempre nos hemos considerado como *amos de la Creación*, en el sentido de estar por encima de ella. No somos superiores a otras formas de vida; todas las entidades son una expresión de vida. Si pudiésemos ver esta verdad, apreciaríamos que todo lo que hacemos a las demás formas de vida también nos lo hacemos a nosotros. Una cultura que entienda esto no puede, salvo por absoluta necesidad, destruir a cualquier entidad viviente".

Hemos perdido nuestra autonomía en aras de la *comodidad*, el precio que pagamos tiene nombre y se llama *dependencia*. Hemos cedido gran parte de la responsabilidad de nuestras vidas a instituciones, al gobierno y a las corporaciones transnacionales, el retomar el rumbo de nuestras vidas y asumir las responsabilidades que nos corresponden como individuos y como comunidades locales, marca el inicio hacia una *transición* progresiva y armoniosa.

Como dice Miguel Grinberg: "las escuelas, solas no pueden educar a nuestros hijos, debemos participar en la educación; los doctores solos no pueden hacernos saludables, debemos alimentamos bien y hacer ejercicio; la policía sola no puede dar seguridad a nuestros vecindarios, los ciudadanos deben involucrarse directamente; las empresas recolectoras de basura no pueden mantener limpios nuestros barrios; debemos aprender a no producir ni comprar basura, debemos reciclar y re-utilizar".

Una buena nutrición depende de la disponibilidad de alimentos sanos provenientes de suelos sanos y remineralizados. La agricultura industrial no puede satisfacer nuestras necesidades alimenticias porque -además de envenenar a quienes la producen, a quienes la consumimos, a los alimentos, a la tierra y al agua- sus productos ya no contienen los nutrientes que requerimos, debemos retomar en nuestras manos la producción de alimentos para asegurarnos de su calidad.

Permacultura y Agricultura Orgánica Campesina

Como decíamos, Sustentable no es suficiente, es lo mínimo, es sólo mantenimiento, no se trata de destruir un poco menos, pues destruir un poco menos no es proteger el medio ambiente, se trata de aportar para promover más vida. *No se trata de hacer cosas que no son tan malas para otros, sino más bien, hacer cosas que sean buenas para el planeta y sus habitantes.*

El objetivo es vivir gozosamente, inteligentemente, diversamente, justamente, sanamente, con suelos, agua, tierra, aire y energías limpias que puedan ser disfrutados ecológica, equitativa y económicamente. Se trata de fomentar la construcción cooperativa de pueblos-escuela ecológicamente diseñados y descentralizados como parte de una red, donde se ensayen estilos de vida ajustados a lo que el ser humano realmente es y necesita. Todo esto sin perder de vista la necesidad de revertir la tendencia eco-destructiva de las metrópolis, que deberían reformularse como "ciudades verdes".

Si lo que deseamos es un futuro sostenible, la única y solidaria opción que tiene la humanidad, a largo plazo, es compartir la Tierra con todo y con todos. El regreso al uso de energía basada en recursos renovables es inminente y los modelos de ecosistemas naturales muestran el camino hacia una cultura que requiere cambios fundamentales en la forma de vida y comportamiento de los humanos si es que queremos continuar nuestra existencia en este planeta.

David Holmgren (Biólogo ambientalista y co-conceptualizador de la Permacultura) señala que todos los sistemas ecológicos y humanos están basados en el flujo, almacenaje y calidad de la energía disponible. Las leyes de energía, son algunos de los aspectos de mayor importancia sin controversia aparente de nuestra cultura científica.

A pesar del acuerdo generalizado entre los cientificos sobre estas leyes; la sociedad, su economia y valores parecen, a simple vista, contradecirlas. Más que permanecer fuera o, aún momentáneamente, contradecir estas leyes, los sistemas industriales y la cultura simplemente reflejan una base energética de alta calidad (fósil). Es en este contexto que la Permacultura y la Agricultura Orgánica Campesina se presentan como respuestas efectivas a las limitaciones del uso de energía y disponibilidad de recursos renovables, y van a pasar del estatus de "respuestas alternativas a la crisis ambiental" a ser la "forma de vida de las sociedades post-industriales".

Las éticas, los principios de diseño, las estrategias y técnicas de Permacultura y Agricultura Orgánica Campesina pueden ser vistas como un rechazo a la viabilidad y valor de estos sistemas. La base para ese rechazo refleja simplemente el inevitable clímax y descenso de la base energética fósil.

Ambas son usadas como herramientas para tomar decisiones éticas en las nuevas realidades ecológicas y se basan en principios o criterios que aportan una visión objetiva para la planeación y diseño de sistemas sustentables a cualquier escala, desde una pequeña casa y su huerto hasta un pueblo diseñado para funcionar ecológicamente en todo sentido, y con el objetivo primordial de mantener el equilibrio entre el consumo humano de recursos naturales y su regeneración por parte de la naturaleza.

Miles de personas alrededor del planeta, se adaptan ya, en mayor o menor grado, a las nuevas realidades ecológicas y energéticas, en respuesta al cada vez más obvio Descenso Energético. Con acciones que van desde la producción de cero desperdicios, la no contaminación del agua, el consumo responsable, el transporte colectivo o en bicicleta, adoptando economías alternativas como el trueque comunitario, construyendo sus viviendas de manera ecológica y asumiendo la responsabilidad de producir sus propios alimentos entre muchas otras acciones que impactan benéficamente en la salud de sí mismos y su entorno.

Orígenes de la Agricultura Orgánica y la Permacultura

Durante los años setenta, ocurrieron paralelamente varios sucesos que marcaron el inicio de una nueva era en la forma como el hombre venía relacionándose con su entorno. La industria (principalmente en Alemania y Estados Unidos) promovía fuertemente la llamada Revolución Verde (agricultura industrial basada en el uso de fertilizantes solubles y agro-tóxicos sintetizados a partir de petróleo); irónicamente, al mismo tiempo ya existían Institutos de agricultura orgánica que producían alimentos con insumos agrícolas naturales elaborados por la misma industria que producía los pesticidas (y sus respectivos remedios).

Conociendo este hecho, en el sur del Brasil se inició un movimiento social campesino en el que miles de productores dejaron atrás las prácticas de agricultura convencional impuesta por grandes transnacionales y empezaron a practicar la Agricultura Orgánica Campesina, la cual se basa en el respeto al campesino y su medio ambiente rechazando terminantemente, por un lado el uso de fertilizantes sintéticos y agroquímicos, y por el otro, el uso de insumos agrícolas orgánicos (certificados) provenientes de la misma industria. Al mismo tiempo adoptaron sistemas de educación alternativa y montaron un esquema de comercialización de sus productos en base a los mercados populares orgánicos, en los que los productores venden sus productos de forma local y directamente a los consumidores, quienes pagan un precio justo por alimentos producidos sanamente y donde no existe el intermediario.

La fuerza de este movimiento radica en que los campesinos han desarrollado la agricultura como instrumento de transformación social, en la que los mejores insumos agrícolas son los que están al alcance del productor quien a su vez, está en contacto directo con los consumidores.

Este movimiento considera que la tecnología es Patrimonio de la Humanidad y asi es promovido y divulgado a lo largo y ancho de Latinoamérica por investigadores y científicos comprometidos con su pueblo como Sebastiao Pinheiro y Jairo Restrepo Rivera, quienes han dedicado gran parte de sus vidas a compartir sus conocimientos y alertar a campesinos y productores de los peligros que encierran los agroquímicos, y ahora, de los peligros que se esconden tras el movimiento de la Agricultura Orgánica Cerificada.

De aquí la importancia de dejar bien clara la diferencia entre: producir alimentos orgánicos (Agricultura Orgánica Campesina) al alcance de todos con el fin de construir una sociedad más equitativa y, por el otro lado, producir alimentos orgánicos certificados (Agricultura Orgánica Industrial) cuyos precios sólo pueden pagar aquéllos que tienen dinero, mientras que la inmensa mayoría sólo puede comprar alimentos envenenados, lo cual promueve una sociedad fascista.

En esa misma época, en Australia, el señor P.A. Yeomans señalaba contundentemente que el Sistema Americano de Conservación de Suelos promovido por todo el mundo desde el Ministerio de Agricultura de ese país, propiciaba justamente lo contrario de lo que en teoría evitaba <la pérdida de la fertilidad y la erosión de las tierras> y, a base de concienzudas observaciones y cuidadosas intervenciones, desarrolló un *Manejo Hidrológico de Suelos (al que acuñó como Keyline)* basado en la óptima captación, conducción, almacenaje y absorción del agua en sus propios terrenos. Ya entonces señalaba la importancia de los suelos vivos, los microorganismos y la materia orgánica a tal grado que él no utilizaba el término "Conservación de Suelos" sino el de *"Generación de Suelos"*.

Sus revolucionarias técnicas fueron duramente criticadas durante años, sin embargo los resultados obtenidos en términos de fertilidad y productividad cambiaron la actitud de Universidades y Ministerios al punto de que, en la actualidad, su técnica (conocida como Keyline) se aplica en todo el continente y se imparte como materia en las Universidades de Agronomía.

Al mismo tiempo, el entonces pasante de biología, *David Holmgren*, conceptualizó un sistema de diseño al que llamó Permacultura, concebido para dar solución a los diversos problemas que los seres humanos hemos provocado buscando facilitar nuestra existencia. *Bill Mollison* (su maestro), reconoció el enorme potencial del sistema que desarrollo David y juntos rescataron antiguos conocimientos de plantas, animales, sistemas sociales y económicos, analizaron y encontraron la forma de aplicar las leyes que gobiernan a los grandes ecosistemas de la naturaleza como selvas, bosques, praderas y mares. Leyes que han sido la base de su evolución durante miles de años, y cuyo estudio y aplicación (tanto a sistemas de producción de alimentos como a nuestra vida diaria) incrementa nuestra posibilidad de sobrevivencia, a esto le agregaron nuevas ideas y conceptos revolucionando la ética de respeto a la naturaleza utilizada en la agricultura orgánica para integrar, como un todo, los diferentes aspectos y actividades del hombre en relación a su entorno.

Aunque la mayoría de los elementos de la Permacultura son ya familiares, muchos de ellos provenientes de sistemas tradicionales de agricultura Latinoamericana y Asiática, fueron los patrones de integración e interconexión lo que marcaron la diferencia. En contraste a la agricultura normal, la Permacultura se apoya totalmente en el estudio de las interrelaciones e interdependencias de los seres vivos y su medio ambiente. En Latinoamérica, desde México hasta el Brasil, las experiencias de la Agricultura Orgánica Campesina se han fundido con la Permacultura en un acervo de Conocimientos que facilitan el camino de Transición a una Cultura de Baja Energía, estas ciencias se difunden a lo largo y ancho en todo el mundo y a todos los niveles (desde académicos hasta campesinos) de formas directas, muy diversas, enriquecedoras y recíprocamente benéficas.

¿Qué significa la palabra *Permacultura*?

La palabra en sí está compuesta de dos raíces; *Perma* de permanente y *Cultura*, Cultura Permanente, o agricultura permanente, como decía Yeomans. La visión de la Permacultura es que la humanidad aprenda una nueva forma de relacionarnos entre nosotros mismos, con los seres que habitan este planeta y con el planeta mismo, una cultura que evolucione, que florezca y promueva la vida en todos los sentidos.

¿Qué es la *Permacultura*?

Permacultura es una estructura conceptual y un sistema emergente de diseño, más que una especificación técnica o solución de comportamiento. Su enfoque es el rediseño y la integración de nuestros estilos de vida, nuestra subsistencia y uso de suelo en sintonía con las realidades ecoenergéticas de hoy en día.

La Permacultura nos muestra cómo crear medio ambientes humanos sostenibles y sistemas de producción diversos. Sus principios imitan la interrelación, biodiversidad y patrones que rigen los ecosistemas naturales. Su ética se basa en el respeto al planeta y a todos los seres vivos que lo habitamos.

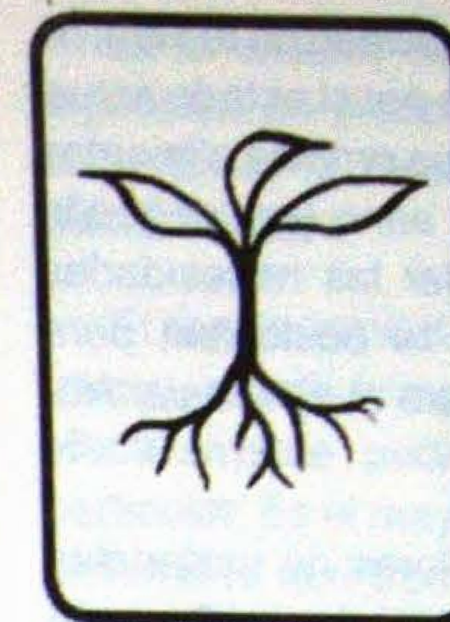
Permacultura puede ser la opción creativa que la sociedad no contempla. Abre las puertas a una vida sencilla, despierta el interés y el gusto por participar en los procesos de la naturaleza, te ayuda a entenderla, admirarla, respetarla y a trabajar en armonía con ella.

Se puede empezar en pequeño, ya sea con un metro cuadrado o cientos de hectáreas, la Permacultura funciona a cualquier escala. Trabajar directamente con la tierra y responsabilizarte de tu trabajo con ella te brinda incomparables beneficios.

Éticas

Los conceptos de Permacultura fueron desarrollados en base a una serie de éticas y principios que marcan las pautas para asegurar nuestra supervivencia en el planeta.

Todas estas éticas se pueden resumir en la palabra Respeto, a nosotros mismos y a todo lo que nos rodea.

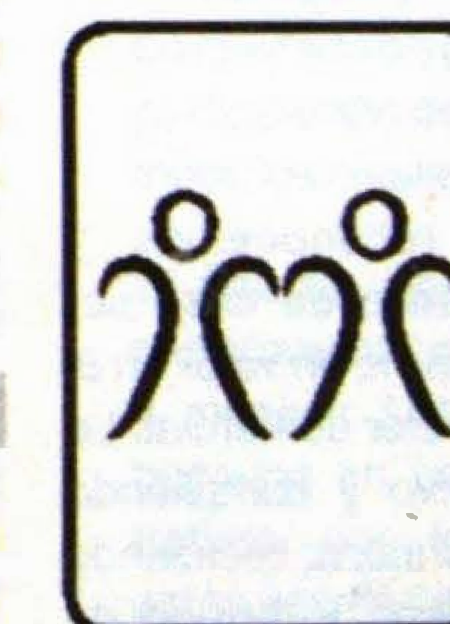


Respetar la tierra

A pesar de que los humanos somos tan sólo una pequeña parte de los ecosistemas en el planeta, provocamos un impacto dramático sobre ellos.

Respetar la Tierra significa que debemos considerar y cuidar, en lo posible, todos los seres vivos y no vivos, especies animales y vegetales, bosques, selvas, etc.; respetar significa que no debemos contaminar y es nuestra obligación mantener limpias las tierras, los suelos, aguas, aire y atmósfera.

El cuidado empieza desde dedicarnos a actividades inofensivas y rehabilitadoras, hasta la conservación activa y uso ético y frugal de los recursos naturales, poniendo especial atención en revisar y, de ser necesario, replantear nuestras actividades diarias para que no tengan un impacto negativo en el medio ambiente.



Cuidar de la gente

Cuidarse a sí mismo

Para contribuir al bien común debes aprender a mantenerte sano y seguro.

En este punto la frase del famoso cantante cubano Silvio Rodríguez tiene toda relevancia: *"El arte es, procurarte lo que anhelas sin invertir salud"*.

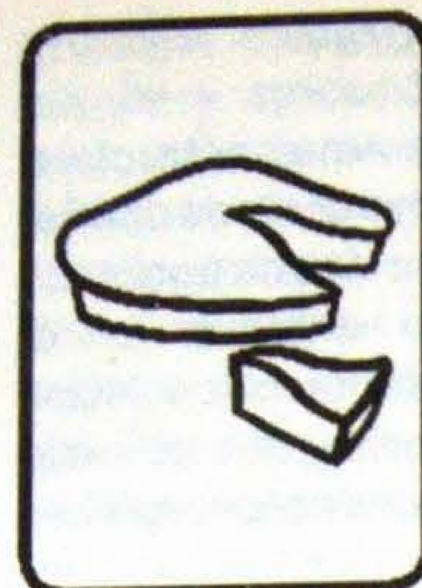
Asume la responsabilidad de tu vida, no culpes a otros o al sistema por el estado actual de las cosas. El producir tus propios alimentos orgánicos, tener un lugar sano (por pequeño que sea), y saber respetar las necesidades primordiales del cuerpo, te posibilitan para ayudar a los demás. Procura el *Bienestar No-Material*.

Enfócate en los valores no materiales más que en los materiales. Cuando disfrutamos el atardecer más que la TV, cuando nos mantenemos sanos en lugar de ingerir medicinas, cuando jugamos con los niños en vez de regalarles un juguete, es que nos estamos cuidando a nosotros y a otros sin necesidad de producir o consumir recursos materiales.

El aspecto humano es central en los diseños de Permacultura. Al planear es indispensable que tomemos en cuenta las necesidades básicas de alimento, abrigo, educación, empleo satisfactorio y contacto personal en relación al medio ambiente. Al integrar cualquier diseño, ya sea de casas, granjas, ranchos, pueblos o ciudades enteras, es imprescindible lograr el equilibrio entre el bienestar de las personas y su impacto sobre el entorno que les rodea.

Cuidar de la vida

En Permacultura reconocemos y respetamos el valor intrínseco de cada ser vivo. Por ejemplo: un árbol tiene un valor en *sí mismo*, aún si no tiene un valor comercial. Lo importante es que está vivo y cumpliendo funciones dentro de la naturaleza; reciclando biomasa, proveyendo oxígeno y dióxido de carbono, reconstituyendo el suelo, dando abrigo a animales, etc. De esta misma manera debemos considerar y respetar a todos los seres vivos, ya sean plantas, animales, peces o cualquier otra forma de vida.



Consumir menos y Compartir los excedentes

Nos hemos convertido en *consumidores dependientes*, para satisfacer cualquiera de nuestras necesidades tenemos que *comprar*, ya sean bienes, servicios o alimentos siempre tenemos que meter la mano a la bolsa para adquirirlos. Tratar de *"consumir menos"* no es fácil, pues hemos sido y seguimos siendo constantemente programados para este fin, sin embargo, quizá nos ayude el recordar que nuestra propia *comodidad y bienes* están basados en el pillaje de las riquezas del planeta y en la privación a otras gentes (y futuras generaciones) de sus propios recursos locales. Asumir nuestra responsabilidad como habitantes de este planeta significa convertirnos en *productores responsables* capaces de satisfacer nuestras necesidades básicas a partir de nuestro propio esfuerzo. En la medida que reducimos nuestro consumo de "cosas" (que en realidad no necesitamos) y abastecemos nuestras necesidades básicas en economías locales y del hogar, es en la medida que reducimos la demanda que conllevan las desigualdades actuales. En este punto el proverbio *"Reflexiona en qué es lo que realmente necesitas y adáptate a ello"* resulta muy ilustrativo.

Por otro lado, una vez cubiertas nuestras necesidades básicas, podemos compartir nuestros excedentes de tiempo, habilidades, conocimientos o recursos económicos, y así ayudamos a otros a tener la visión de una cultura más permanente y duradera en armonía con las nuevas realidades energéticas.

Hay que compartir lo que nos sobra más allá de nuestro círculo inmediato de poder y responsabilidad para ayudarle al planeta y a la gente. Muchas aparentes tensiones desaparecerían con esta práctica. Plantar árboles y otras plantas perennes para restaurar la salud del planeta, sin la necesidad de obtener una ganancia económica es una buena manera de aplicar esta ética. Comparte *sin* el interés personal de crear dependencia.

Sugerencias para incorporar las éticas a nuestras vidas

Bill Mollison y David Holmgren, sugieren algunas formas en las que se pueden implementar estas éticas a la vida diaria:

- **La observación es esencial, debe hacerse con todos los sentidos y estar ligada a la interacción.** Se requiere paciencia y persistencia.
- **Todas las observaciones son relativas.** La observación afecta la realidad. Sé claro en lo que asumes, preconcibes y valoras pues ello filtra lo observado.
- **Todo funciona en ambas direcciones.** El problema es la solución. No todas las cosas son lo que parecen. Aquello que parece malo puede ser algo bueno o útil. Una hierba puede ser muy buena como indicador, rehabilitador del suelo y/o como recurso que en ese momento no somos capaces de reconocer.
- **La Permacultura es el uso intensivo de información e imaginación.** Más que el uso intensivo de capital, energía o trabajo repetitivo. Pensar antes de actuar, usar la creatividad combinada con la tecnología.

Es la calidad de pensamiento y nuestra capacidad de procesar la información lo que determinará el rendimiento, no el tamaño o calidad el sitio.

El rendimiento de un sitio no está limitado tanto por su tamaño sino de cuan efectivamente podemos usar un nicho en particular. Es el mayor número de nichos en el sistema lo que permite un mayor número de especies habitándolo.

Nuestra tarea es averiguar cómo podemos crear estos nichos. El único límite para el número de usos posibles de un recurso dentro de un sistema, es el límite de la información del diseñador.

- **Aprende a vivir frugalmente** necesitando menos bienes y disfrutando más lo único que realmente posees...tu tiempo.
- **Pensar de arriba-hacia-abajo actuar de abajo-hacia-arriba.** Al considerar un sistema es bueno retroceder un poco y mirar las conexiones y los contextos, los cuales pueden revelar nuestro sistema como una parte de sistemas más grandes. Actualmente predomina la acción de arriba-hacia-abajo de los gobiernos y las corporaciones, se necesita más participación del tipo abajo-hacia-arriba en todos los niveles, humanos y naturales.
- **El paisaje es el libro de texto.** Todo el conocimiento que necesitamos para crear y manejar sistemas de apoyo humanos basados en baja energía puede venir al trabajar con la naturaleza, cuyas leyes están escritas en el paisaje.
- **Descubre que la cooperación y no la competencia** es la clave para el desarrollo equilibrado de sistemas productivos, sociales y económicos que tengan una visión hacia la regeneración del planeta.

- **Planifica en pro de la sustentabilidad,** piensa bien las consecuencias a largo plazo de tus acciones.

- **Rechaza, re-usa.** Utiliza todo a su nivel óptimo reciclando desperdicios.

- **Al invertir en tecnologia, utiliza mecanismos alimentados por energías renovables** (aire, sol, agua, etc.) y biológicas (plantas y animales), más que máquinas que consumen recursos no renovables.

- **Cuando siembres, en lo posible utiliza especies nativas** para mantener el equilibrio del lugar.

- **Cultiva el área más pequeña posible, con menos energia y más intensivamente,** recuerda que "Lo pequeño es hermoso".

- **Procura la diversidad** alejándote de los monocultivos, no sólo en tu jardín, hortaliza y huerta, en ti también diversificando tus actividades y fuentes de ingresos económicos.

- **Trae de nuevo el cultivo a las ciudades** y pueblos para formar ***sociedades sustentables.***

- **Reforesta y restaura** la fertilidad de los suelos, limpia los ríos, lagos y playas.

- **Invierte tu trabajo donde sea útil,** siembra árboles donde puedan sobrevivir, enséñale a quien desea aprender.

Permacultura aplicada a la Agricultura Orgánica

Si bien la Agricultura Orgánica está basada en el respeto a los seres vivos y en un principio se trataba de cultivar alimentos sanos sin el uso de agroquímicos, la Permacultura vino a revolucionar la forma de plantear el cultivo de productos orgánicos.

La naturaleza nos muestra una gran cantidad de ejemplos de cómo la biodiversidad, los bordes, y la sucesión natural han mantenido la productividad de todos los ecosistemas durante miles de años sin la necesidad (y en ocasiones a pesar) de la intervención del hombre. Estas observaciones fueron la base para valorar los métodos que utiliza la Naturaleza en la conceptualización de la Permacultura que hicieron los biólogos David Holmgren y Bill Mollison.

Fue a partir de entonces que la Agricultura Orgánica Campesina pasó a ser parte de un todo en el que se consideran no sólo los mismos los métodos que utiliza la Naturaleza para garantizar la productividad, sino también una serie de criterios y factores que tienen un impacto directo o indirecto sobre los cultivos y su medio ambiente.

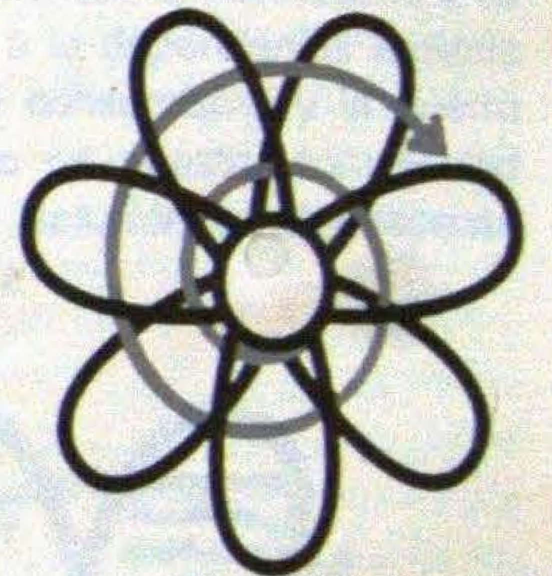


David Holmgren en la Huerta de duraznos de Federico Ramos en México, 2007.

SEGUNDA SECCIÓN

Fundamentos de la Permacultura

Capítulo III



Fundamentos de la Permacultura

La Permacultura es un sistema de diseño basado en éticas y principios que pueden ser usados para establecer, diseñar, manejar y mejorar los esfuerzos hechos por individuos, familias y comunidades en función de un futuro que vaya más allá de la simple sustentabilidad.

David Holmgren

CAPÍTULO TRES
Fundamentos de la Permacultura

Principios de diseño

La Permacultura es un movimiento dinámico que se adapta a cada circunstancia, cultura, medioambiente, economía y otros factores diversos, que le permite amoldarse perfectamente a cada situación en particular. Lo que se refleja también en la forma como se imparte en cada región del planeta.

La Permacultura tiende a:

1) El uso de recursos naturales como forma de reconstituir nuestro capital natural, especialmente utilizando los árboles como fuente energética para sustentar a la humanidad.

2) Enfatizar el proceso de abajo-hacia-arriba, que empieza con el individuo y su entorno como fuerzas de cambio a nivel económico, cultural y comunitario.

3) La transmisión de conocimientos por todo el mundo a través de gente que vive lo que predica.

4) Ver las sociedades pre-industriales como modelos que reflejan más los principios de diseño observados en la naturaleza y relevantes en las sociedades post-industriales.

David Holmgren revolucionó su propia conceptualización de la Permacultura a través de su último libro, en el que describe con todo cuidado los fundamentos sobre los que se puede construir una sociedad que desea ir más allá de la sustentabilidad, los cuales siguen aún proveyendo la mejor estructura para la adaptación creativa al descenso energético.

Con su libro, Holmgren busca proporcionar mejores herramientas conceptuales que permitan a los especialistas permaculturales diseñar soluciones locales mejores y más apropiadas, así como divulgar la importancia de estas herramientas conceptuales a una mayor audiencia.

Más que la aceptación fatalista de una caída como algo deprimente o como un demonio al que hay que resistirse a toda costa, Permacultura es la afirmación de un próspero camino de descenso.

David asegura que la Permacultura es la alternativa real a la dependencia ansiosa que los amos del consumismo y la guerra reparten a cambio de nuestra complicidad colectiva en sus soluciones al descenso energético *(Fig.3.1)*.



Fig.3.1

La Flor de la Permacultura nos muestra los diversos aspectos sobre los que se puede construir una nueva sociedad, estos son el conocimiento del manejo de la tierra y la Naturaleza, el desarrollo de emplazamientos humanos diseñados con total sentido ecológico, la implementación de tecnología y herramientas apropiadas a cada clima, cultura y necesidad, educación y cultura alternativa, salud y bienestar espiritual, economía y finanzas éticas, tenencia de la tierra y gobierno comunitario.

En este capítulo se describen brevemente cada uno de los Principios de Permacultura:

- Observar e interactuar
- Captar y almacenar energía
- Obtener un rendimiento
- Aplicar la autorregulación y aceptar retroalimentación
- Usar y valorar los servicios y recursos naturales
- No producir desperdicios
- Diseñar de los patrones hacia los detalles
- Integrar más que segregar
- Usar soluciones lentas y pequeñas
- Usar y valorar la biodiversidad
- Usar los bordes y valorar lo marginal
- Usar y responder creativamente al cambio

Es importante señalar que estos principios se utilizan para analizar cualquier aspecto de los asentamientos humanos.

El uso inteligente de la información debe estar relacionada siempre con el uso intensivo de la imaginación potencializada a través de estos criterios, los cuales nos permiten conceptualizar soluciones de maneras muy diversas y enriquecedoras *(Fig.3.2)*.

Éticas y Principios de Diseño en Permacultura

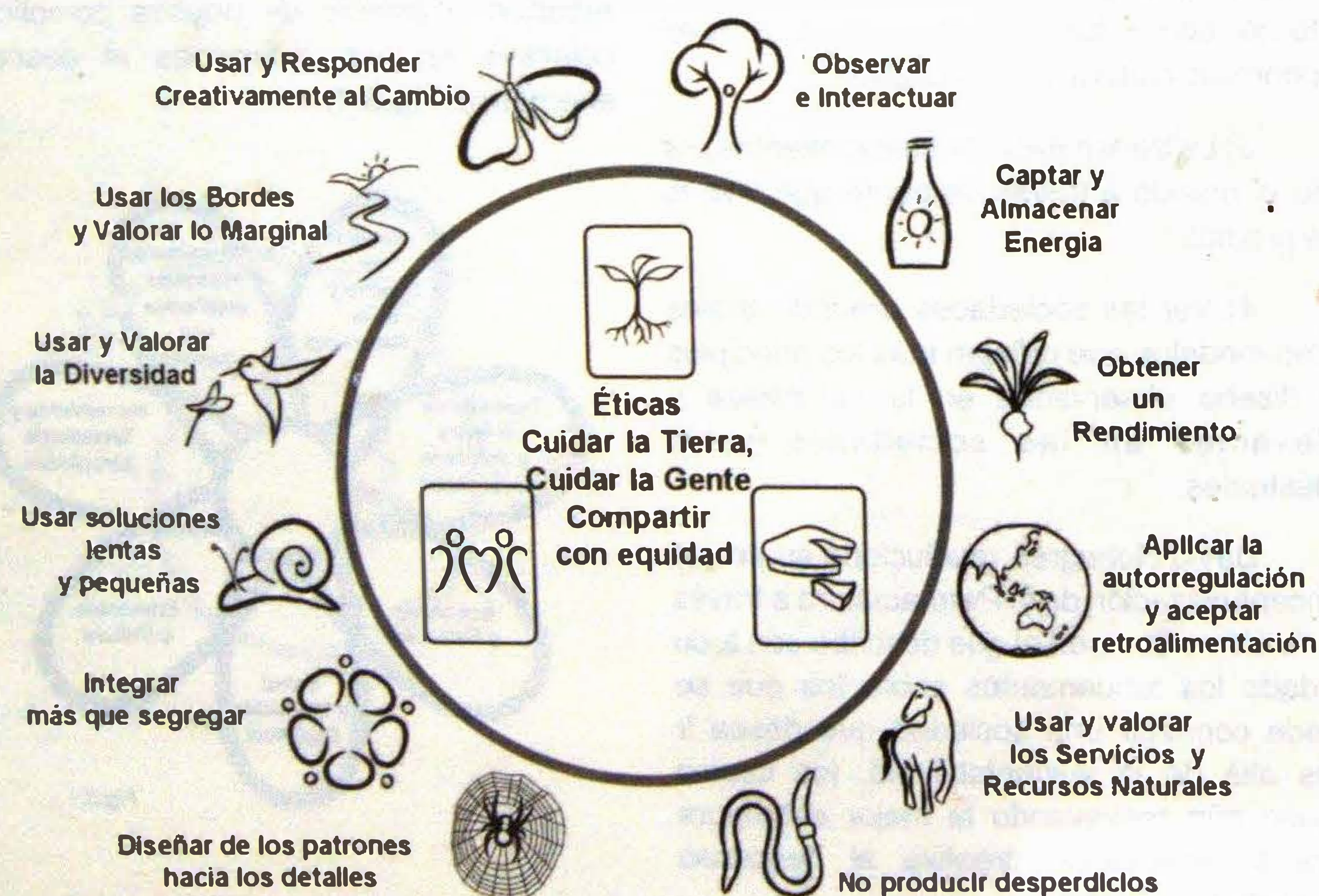
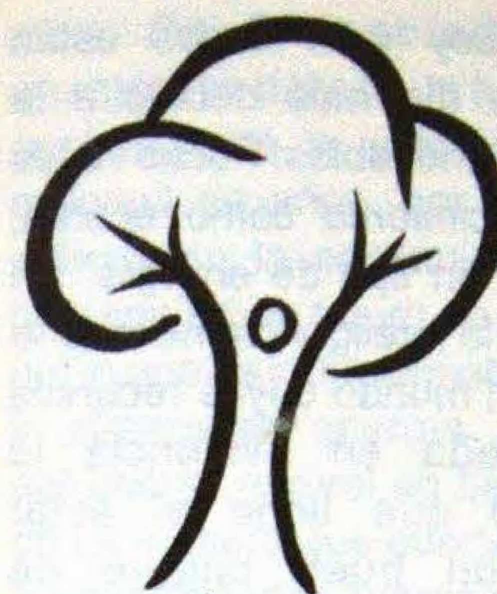


Fig.3.2



Observar - Interactuar

La observación es una habilidad que la gran mayoría de los animales salvajes tiene (sin ella no sobrevivirían).

Esta habilidad estaba presente en todas aquellas razas que vivían en contacto directo con la naturaleza, sin embargo, con la llegada de las ciudades y el consumismo, se fue perdiendo y gracias a la "tele", hoy en día, no somos sino meros espectadores de nuestra vida, presos de la publicidad que subliminalmente nos programa para consumir cualquier cosa sin cuestionar para nada su utilidad y consecuencias de uso.



La ***Observación*** va mucho más allá de la simple descripción de algún objeto o evento, está ligada a la ***Interacción.***

En Permacultura usamos la *observación cuidadosa* y *la bien pensada interacción*, para reducir la necesidad de mano de obra repetitiva, el uso de energía no renovable y alta tecnología.

Agricultura tradicional = trabajo intensivo.
Agricultura industrial = energía intensiva.
Permacultura=información+diseño intensivos.

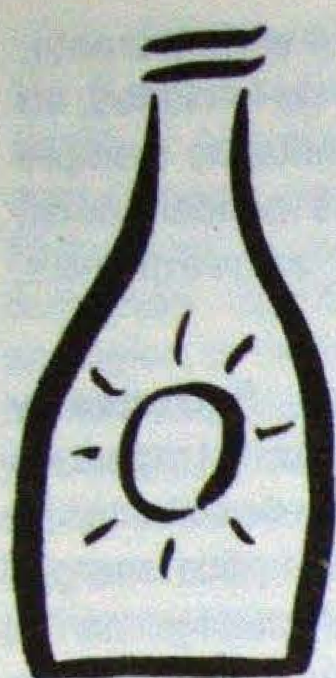
Desarrollar el sentido de la observación empieza entendiendo que observar no significa elaborar listas de lo *"que vemos"*, significa ser capaces de percibir con todos nuestros sentidos lo que ocurre a nuestro alrededor y tener la capacidad de interactuar consecuentemente con nuestras observaciones.

Dentro de una casa, en el restaurante, en cualquier edificio, o fuera de la ciudad, en las praderas, desiertos o montañas siempre hay miles de cosas que se pueden notar, desde olores, brisas, sensaciones, temperatura, insectos, etc.

Observa, Reconoce Patrones y Aprecia los Detalles, ya que son el repertorio de posibilidades para el diseño de sistemas de soporte humano con acceso a poca energía. Por ejemplo: para leer el paisaje no se necesitan planos. ***Interactúa con Cuidado, Creatividad y Eficiencia.*** La acumulación de experiencias, observaciones e interacciones constituyen la habilidad y sabiduría requeridas para *intervenir sensiblemente* en los sistemas existentes y creativamente diseñar nuevos.

En la práctica. La observación debe ser hecha desde lo general hacia lo particular. La información que se recaba tiene dos aspectos, el social y el físico. El aspecto social tiene que ver con las personas que van a habitar el lugar, número de personas, necesidades, gustos, capital disponible, etc. El aspecto físico se hace a partir de observaciones, tanto del entorno geográfico del terreno como de sus características topográficas, de flora y de fauna. Nuestras observaciones deben empezar con una vista desde arriba "a vuelo de pájaro" desde los puntos cardinales y los vientos dominantes pasando por la topografía y la vegetación hasta el análisis de suelos del terreno *(Fig.3.3)*


Fig.3.3



Captar y Almacenar Energía

Vivimos una abundancia sin precedentes pues estamos cosechando las enormes reservas energéticas acumuladas por el planeta durante millones de años.

Sin embargo esto implica que estamos consumiendo un Capital y no los intereses que produce. El uso eficiente y apropiado de estas energías es el segundo aspecto fundamental para diseñar ambientes sustentables. Este principio nos muestra cómo la naturaleza ha aprovechado al máximo la energía solar, y por otro lado nos recuerda las limitaciones (e implicaciones) que tiene el uso de los recursos energéticos no renovables. Señala múltiples opciones y alternativas a la forma como nosotros podriamos hacer un uso más eficiente y apropiado de las energías que entran, se crean y salen de nuestros proyectos, algunas de ellas son:

Como individuo, leer, estudiar y asistir a cursos alternativos para adquirir el bagaje necesario para abastecer nuestras necesidades básicas *(Fig.3.4)*, es indispensable en tiempos como estos en los que justamente *la Ley y el Orden* están tambaleándose cada día más debido a la escasez de recursos renovables. Pocas veces se considera al *"conocimiento"* como recurso, mucho menos como un tipo de energía, sin embargo, a la luz de la inteligencia necesaria para sobrevivir en un mundo cuyos recursos son limitados, queda en evidencia la importancia capital que tiene el estar preparados con un buen bagaje de conocimientos que nos permitan salir adelante en cualquier circunstancia. Esto quedó demostrado durante la caída del Imperio Romano, época en la que no existía *la Ley ni el Orden* y donde la gente era empujada al saqueo y vandalismo. En medio de aquel caos, los monasterios eran los centros de conocimiento, ahí se sabía guardar y almacenar agua, cultivar alimentos, preparar fermentaciones y se tenía un sinnúmero de conocimientos prácticos relevantes a la sobrevivencia, fue por esta razón que los lugareños protegieron y cuidaron estos centros contra invasiones externas, pues al hacerlo, salvaguardaban su propia existencia.

En la comunidad, se dice que *la unión hace la fuerza* por lo que, comprometerse y organizarse para un bien común *(Fig.3.5)*, es la forma más eficiente de captar y almacenar energía en términos sociales, esto permite el intercambio de conocimientos, habilidades y tiempo de una forma más eficiente y potencializada.

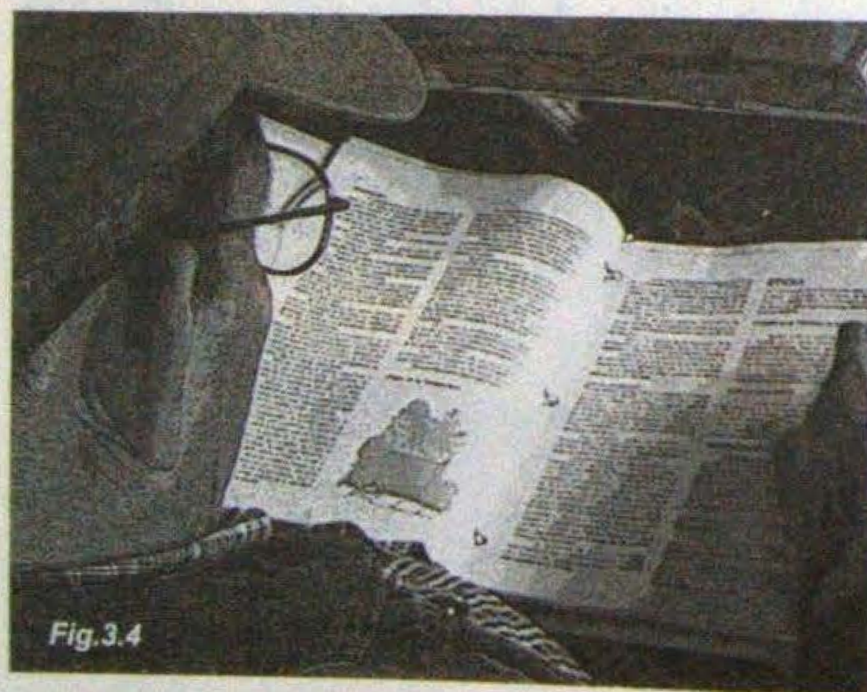


Fig.3.4

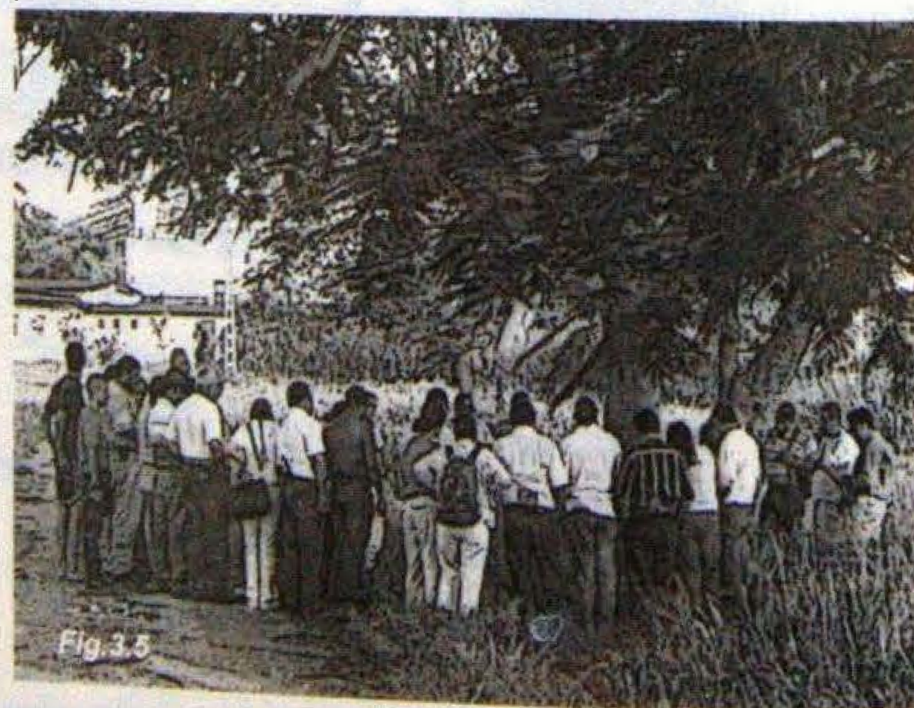


Fig.3.5

En la sociedad, los recursos energéticos del sol y la tierra han conducido la evolución de la vida terrestre a través de millones de años, por lo tanto son factores críticos en la continuidad de la civilización humana en un futuro de descenso energético por loque es indispensable saber cómo captar y almacenar energía, para reconstruir el patrimonio natural en tierras que se trabajen de tal manera que puedan proveer tanto para las necesidades humanas futuras,, como para los servicios ambientales esenciales.

A nivel mundial, el reconocimiento y respeto de la soberanía de aquellos países llamados en desarrollo, así como el establecimiento de verdaderas cooperaciones (y no saqueos disfrazados de *Apoyo Internacional*) entre todas las naciones, podrían promover la captación y almacenaje de todo tipo de recursos que podrían ser compartidos de diversas maneras, por ejemplo: el abasto de electricidad no sería un problema si se considera que el sol está permanentemente presente en la mitad del planeta *(Fig.3.6)*, si todas las naciones siguieran el principio de cooperación se podría montar una red de captación solar interconectada entre todos los países de tal manera que la energía solar convertida en electricidad fluya de los países asoleados a los sombreados en infinita sucesión.

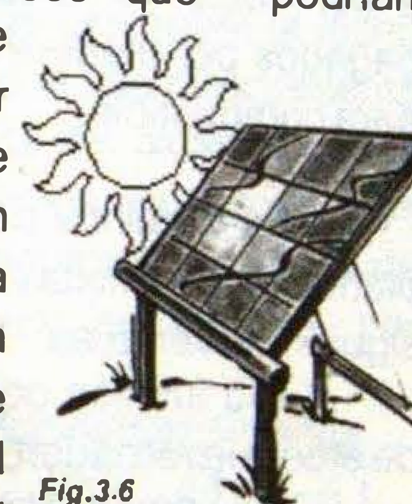


Fig.3.6

En las tierras, su capacidad de soportar vida estriba en su propia habilidad para captar y almacenar agua de la atmósfera, disolver minerales esenciales del subsuelo y transformar materia orgánica generada por sus ecosistemas resultantes. Captar y almacenar la energía del agua, nutrientes minerales y Humus es la clave del desarrollo sustentable de cualquier civilización.

En otras palabras, **la capacidad de un país,** estado, municipio, pueblo o rancho, **para captar y almacenar energía estriba en su capacidad de mantener sus Tierras Vivas con un alto contenido de Humus** *(Fig.3.7)*

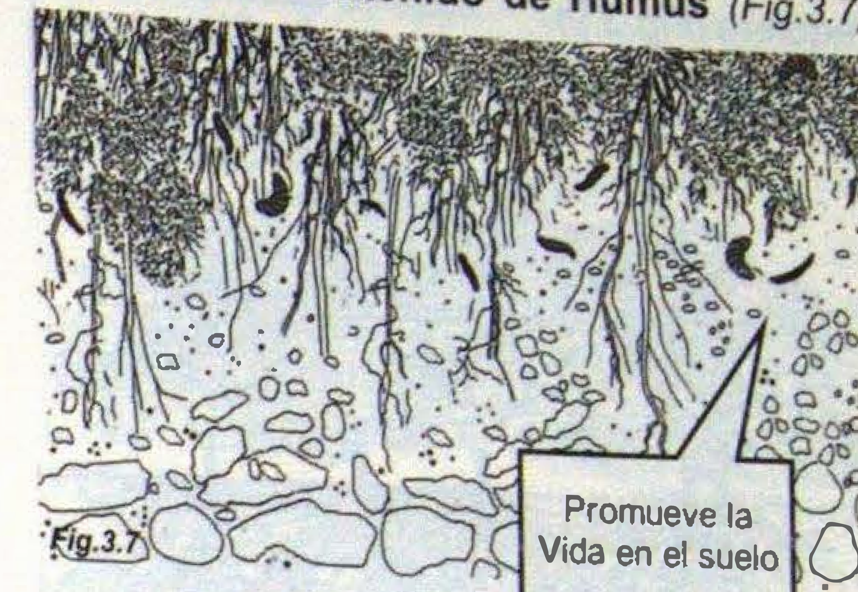


Fig.3.7

En tierras que cuenten con un manejo hidrológico de suelos que permitan la absorción y el aprovechamiento total de las aguas que ahí confluyen; en su capacidad de implementar zonas boscosas que incluyan una gran diversidad de árboles, arbustos, hierbas y cultivos de cobertura; y en sostener una producción permanente de semillas que mantengan toda esa biodiversidad latente año con año.

En la fertilidad, el criterio de captar y almacenar energía se ilustra muy concretamente en los siguientes ejemplos:

1) La elaboración de compostas, o sea la transformación de materia orgánica a partir de microorganismos *(Fig.3.8)* y la elaboración de biofertilizantes (fermentación a partir de *bacilus subtilis*) pueden potenciar al máximo la energía contenida en el estiércol de vaca.

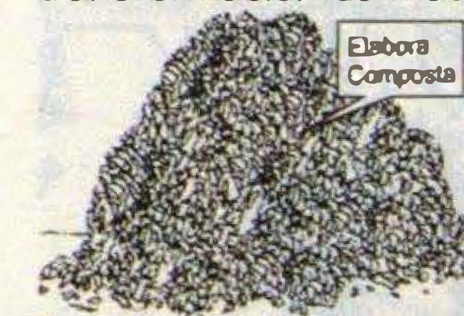


Fig.3.8

2) El uso de abonos verdes con leguminosas en las tierras de cultivo, hortalizas y huertas de frutales permiten la captación y almacenaje de energía solar para ser transformada en materia orgánica,

al mismo tiempo este tipo de plantas capta y almacena la energía contenida en el aire en forma de nitrógeno, guardándola en sus raíces para que pueda ser liberada cuando se requiere *(Fig.3.9)*.

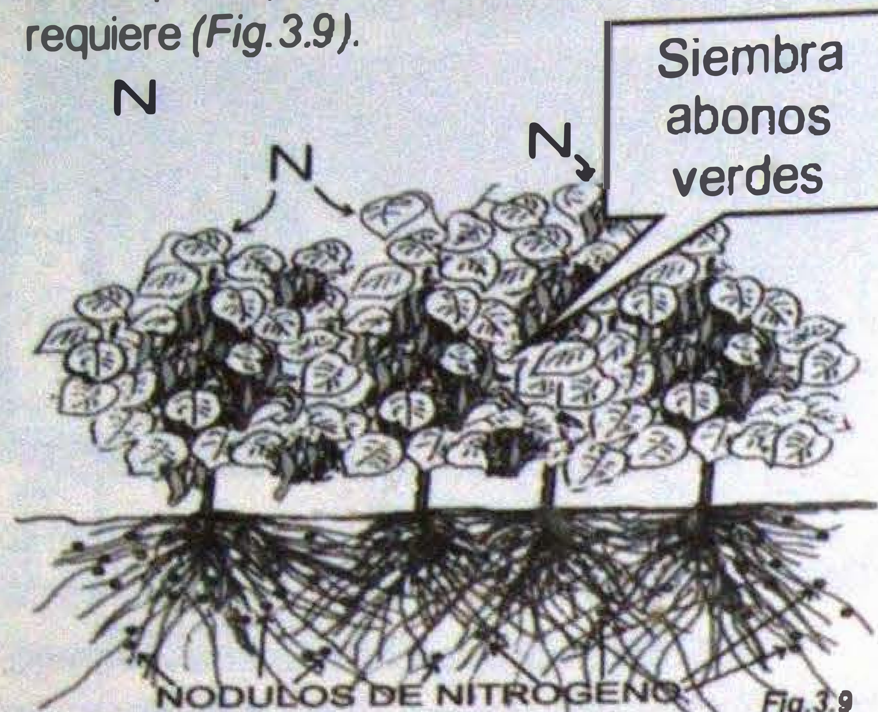


Fig.3.9

3) *En la producción de alimentos,* la forma más eficiente de aplicar este principio es a través de la producción, cosecha y almacenaje de semillas, las cuales constituyen el patrimonio alimenticio de la humanidad entera.

4) En los árboles, en el futuro tal como en el pasado, la riqueza de las naciones va a ser medida por la cantidad y calidad de sus bosques *(Fig.3.10)*.

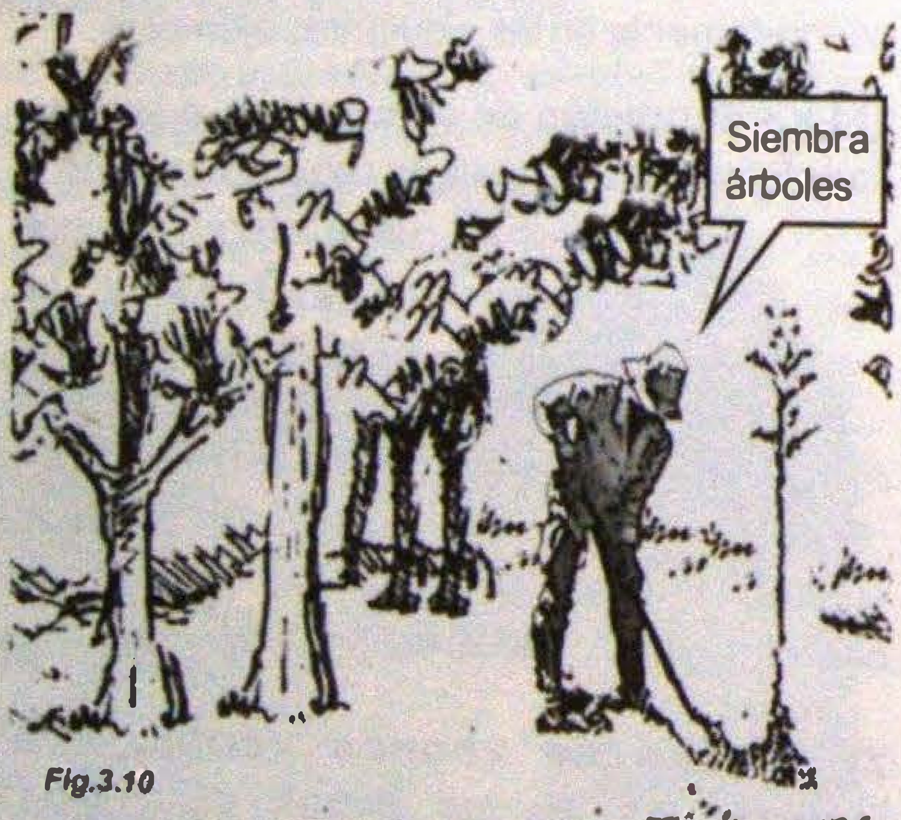


Fig.3.10

Los árboles son especialmente importantes en un mundo de combustibles fósiles en decadencia por varias razones:

-Pueden crecer en nuestras tierras más pobres, inservibles para la producción de alimentos.

-Los bosques de crecimiento activo pueden acumular biomasa que va de las 5 a las 35 toneladas por hectárea al año. Esta tasa de crecimiento es similar a la de los pastizales, con la diferencia de que los árboles son almacenes a largo plazo, que permanecen estables durante siglos.

-La madera de árboles altos y rectos sigue incrementando su valor aún mucho después de que su ritmo de crecimiento disminuye, esto debido a la calidad de su madera de la que se puede producir infinidad de artículos de larga durabilidad.

-En lugares (como Europa) donde existen mercados sofisticados para el consumo de maderas finas, los precios llegan a ser hasta 10 veces más que los precios pagados por madera para celulosa o madera para combustible.

En términos del efecto invernadero las plantaciones mixtas de árboles tienen las siguientes ventajas:

-Su función como depósito para gases de efecto invernadero es insuperable.

-La mejor manera de establecer la mayoría de especies maderables de larga duración es sembrándolos junto con plantas mejoradoras de suelos, utilizando especies de crecimiento rápido tales como las acacias, las cuáles también tienen el efecto de incrementar la absorción de carbón durante los primeros años.

-Los bosques de rotación a largo plazo, manejados con una cuidadosa técnica de clareo, pueden mantener buenas tasas de crecimiento en algunos de nuestros bosques maderables por lo menos durante un siglo, para entonces los combustibles fósiles habrán menguado dramáticamente.

-Los bosques de árboles longevos con madera de alta calidad y bien protegidos contra incendios pueden durar cientos de años antes de que el valor de su madera y su capacidad de almacenar carbón decline.

-Casas y muchos otros productos pueden ser hechos de estas maderas y durar cientos de años más.

-La descomposición de hojas, corteza y madera de los árboles viejos, se acumula en el suelo como tierra de humus capaz de durar miles de años y absorber enormes cantidades de carbón atmosférico.

-Este tipo de bosques pueden ser regenerados sin producir las enormes cantidades de dióxido de carbono asociadas a las técnicas de manejo forestal conocidas como mata-rasa.

5) El Agua. Una de las formas más importantes de *Captar y Almacenar* energía es en forma de agua de lluvia. Ya sea captando y almacenando el agua que cae sobre el techo de nuestras casas, o la que cae directamente al suelo y se infiltra fuera del alcance de las raíces constituyendo mantos acuíferos cuyas reservas son liberadas lentamente a través de manantiales que fluyen lentamente por cañadas y cursos de ríos.

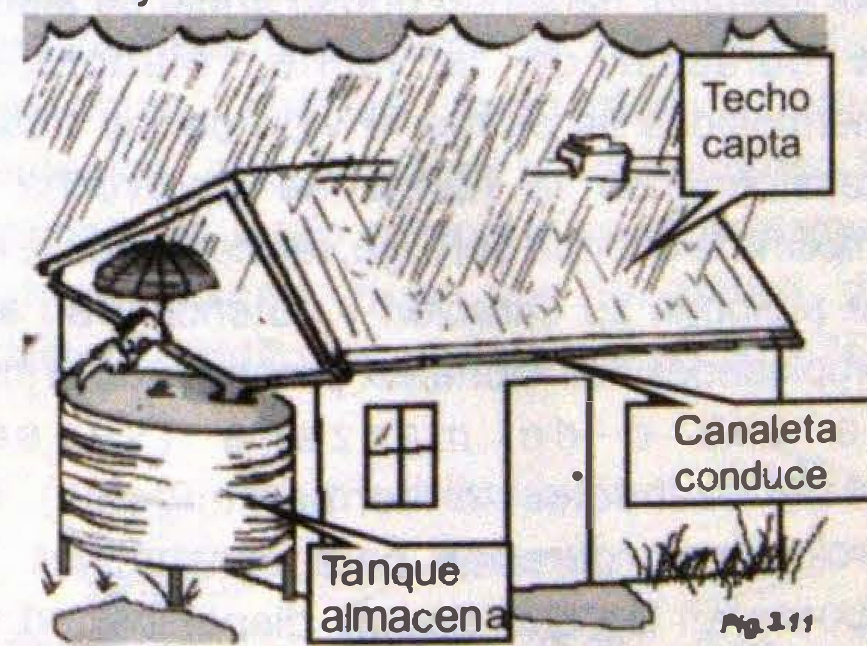


Fig.3.11

Estos sistemas sustentan la base del flujo eficiente en las corrientes de los arroyos ríos durante las fuertes lluvias previniendo la erosión. Los patrones de almacenaje van de lo más efímero a lo más permanente según el agua se mueve hacia abajo por la influencia de la gravedad. Estos pequeños almacenes locales de agua, ya sean vegetativos, en el suelo o en sedimentos, están ubicados en paisajes cuyas formas topográficas son capaces de almacenar agua. Los lagos, al igual que sus análogos, los pantanos y manglares, son aún más importantes como reservas y filtros de agua.

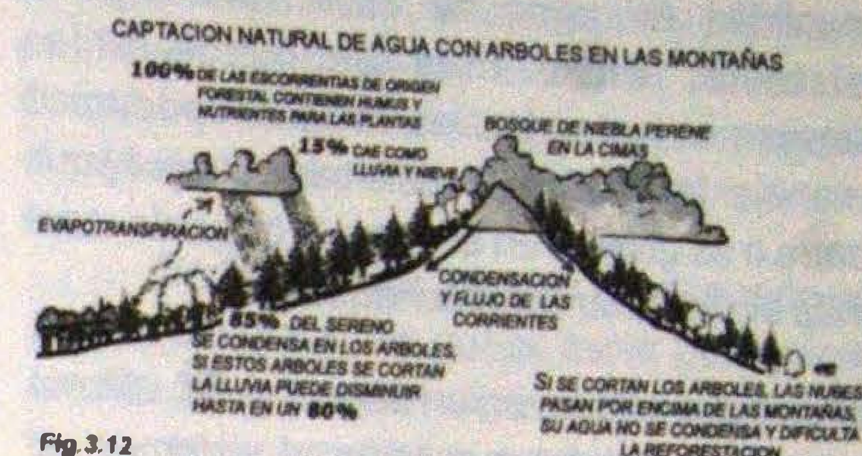


Fig.3.12

Los conceptos acerca del manejo de agua han cambiado radicalmente; el modelo de ingeniería que drena el agua rápidamente, está siendo sustituido por modelos hidrológicos de flujos lentos de agua, que la van filtrando en su transcurso desde las montañas hasta el mar.

Para captar y almacenar esta energía vital, los diversos elementos que constituyen un diseño hidrológico se construyen en lugares estratégicos y elevados de los terrenos (ver capítulo de Manejo Hidrológico) para ser usados en un complejo sistema interconectado de curvas a nivel, canales de conducción-infiltración, drenajes, aljibes, tanques, estanques, bordos y represas.

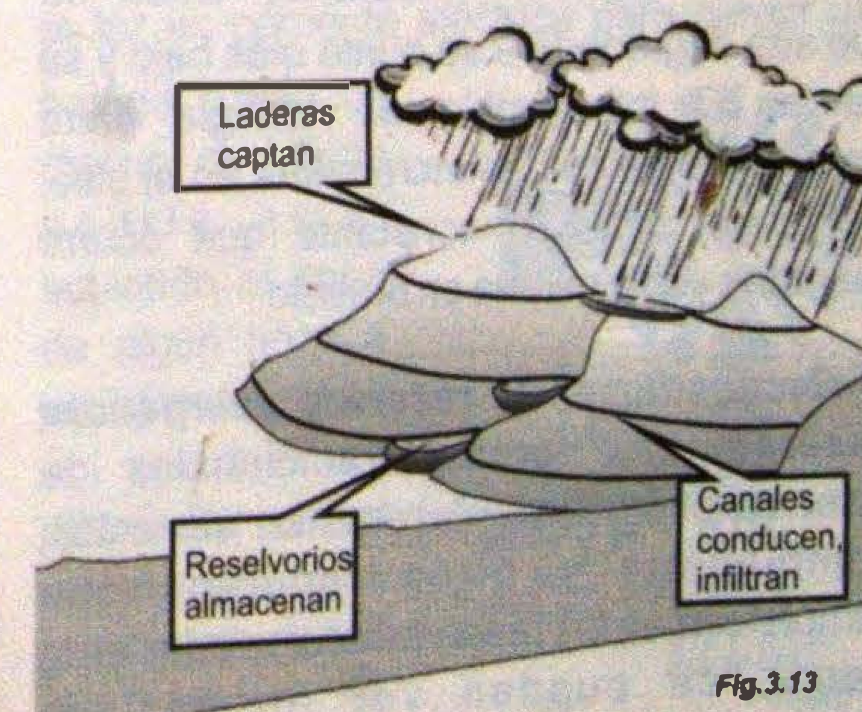


Fig.3.13

Aprovechando al máximo la fuerza de la gravedad evitamos el uso de energía para bombear desde puntos más bajos. Lo que cuenta es el número de ciclos que podemos establecer para usar el agua, más que la cantidad de agua de lluvia que llega al sistema. Entre más depósitos útiles tengamos, desde los cuales podamos manejar la energía (en este caso el agua) que entra o se genera en el sitio y la que sale, será más eficiente su aprovechamiento.

6) Los desechos, en un buen diseño, utilizan la energía natural que entra al sistema, así como aquellas generadas en el sitio, cerrando y aprovechando los ciclos al máximo antes de que la energía abandone el sistema; por ejemplo, los desperdicios de la cocina deben reciclarse en la composta, nuestro estiércol y el de los animales, debe servir para la producción de biogás o más composta, en tanto que las hojas caídas sirven para acolchar árboles, etc.



Fig.3.14

El propósito de la permacultura no es sólo reciclar y por lo tanto incrementar la energía, sino que considera también, el capturarla, almacenarla y utilizarla, antes de que sea degradada a su punto más bajo y se pierda. El intercambio de energía entre plantas y animales se incrementa en el sitio, gracias al reciclaje constante que ocurre cuando la vida prolifera en el suelo.

7) Reconstituyendo reservas energéticas caseras. Las formas tradicionales de reservas energéticas caseras en alimentos, combustible y otros recursos que complementen las reservas acumuladas en la tierra, se pueden ver fortalecidas implementando ciertas prácticas en nuestra vida cotidiana. Estas reservas son, por naturaleza: Diversas -Pequeñas - Dispersas - Fácilmente utilizables - No ostentosas ni atractivas. Como por ejemplo **las semillas** *(Fig.3.15)*, la alacena llena y una buena



Fig.3.15

pila de leña. Una nación con tal riqueza, es más segura y estable que aquella dependiente de combustibles monopolizados, gigantescas redes eléctricas y sistemas de abasto alimentario sofisticados y centralizados en grandes supermercados. ***En la cocina,*** se puede captar y almacenar energía a través de la elaboración de fermentos que permitan conservar los alimentos durante más tiempo, por ejemplo: haciendo queso añejo se alarga la duración de la leche, elaborando mermeladas se alarga la vida de las frutas, transformando la harina se aprovecha al máximo la energía del trigo, fermentando la col se prolonga su duración y potencializan sus propiedades nutricionales, procesando el jugo de uva o de manzana (ya sea pasteurizándoles o fermentándoles) se prolonga su duración para consumirles en épocas en las que no hay disponibilidad de fruta.

8) Los diseños de permacultura están encaminados a una mayor autonomía en el comercio de distribución, procurando garantizar una dieta diaria con alimentos libres de químicos, producidos en suelos sanos y entregados directamente al consumidor.

En los sistemas actuales, el abastecimiento de alimentos, en la gran mayoría de los países, depende de una compleja red de transporte, almacenamiento y distribución. De modo que su costo energético es posible gracias al subsidio del petróleo. Además, la cantidad de productos y la calidad de su sistema de producción son regidas por "el precio del mercado" y no por calidad intrinseca.

Este precio obliga a los productores a utilizar cualquier recurso que abarate sus costos sin importar los efectos secundarios, mismos que siempre recaen en el detrimento de sus tierras y la calidad de sus productos.

El abuso de fertilizantes y pesticidas ya ha empezado a manifestarse en el consumidor final quien paga también las consecuencias al comer alimentos contaminados.

En la práctica, la Permacultura recomienda el uso de la Agricultura Orgánica Campesina, en la que, los insumos necesarios para la producción de alimentos sanos siempre están al alcance del productor: compostas, cenizas, fermentos, y otros elementos que tienden a incrementar la fertilidad del suelo para que se reproduzcan plantas sanas que no necesitan de fertilizantes químicos ni plaguicidas *(Fig.3.16)*.



Fig.3.16

9) Captación y almacenaje con tecnología apropiada. El trabajo de un permacultor es diseñar sistemas que aprovechen la fuerza del sol, viento, agua, estiércol y gravedad en su punto máximo de uso posible, para luego pasar esta fuerza a su próximo punto inferior, y continuar así creando sistemas desde la fuente hasta el final, antes de que la energía fluya fuera de nuestra propiedad.

En la práctica, el agua almacenada en puntos elevados nos puede servir para irrigar las plantas, y si está suficientemente elevada, se le deja correr para producir electricidad *(Fig.3.17)*.

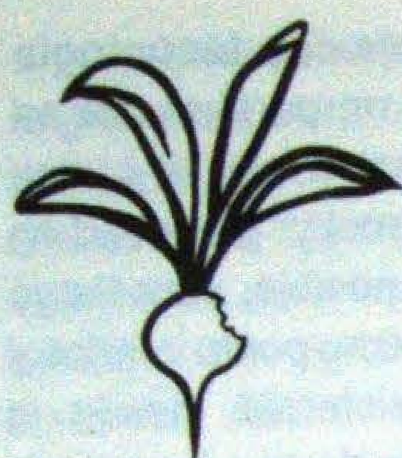


Fig.3.17

También se puede captar luz solar a través de paneles fotovoltaicos permitiendo transformar la luz en corriente eléctrica para cargar una batería; o bien, un molino de viento podría estar subiendo el agua de algún pozo a un punto más elevado, utilizando así el viento que pasa por la propiedad *(Fig.3.18)*.



Fig.3.18



Obtén un rendimiento Trabaja con la Naturaleza no en su contra

Este lema nos recuerda a cada momento, que todo nuestro bienestar proviene de ella y que debemos diseñar sistemas que tengan absoluto respeto a todo lo que nos rodea (incluyéndonos a nosotros mismos).

Recordemos que los ***Servicios del Ecosistema*** son globales, como la purificación del aire, del agua así como la restauración de las tierras, los cuales son mucho más valiosos que el PIB Mundial.

-El **Servicio** de purificación de agua natural está a cargo de los Humedales con sus nenúfares, papiros, sauces, lirios y demás plantas acuáticas. Nosotros podemos utilizar los mismos recursos para limpiar el agua.

-La **Composta** como servicio microbiano. El uso de la letrina seca es una forma de *Trabajar con la Naturaleza* (permitiendo que los microorganismos hagan el trabajo de descomposición) y a la vez, con este sistema **no se contamina el agua** en el inodoro.

-Tecnologia ambiental. Hay que tomar en cuenta que a veces las *pseudo-ecosoluciones* son un desastre. La humanidad forma parte de la naturaleza, *no hay una diferencia fundamental entre lo natural, silvestre y modificado, seminatural o desarrollado, vegetaciones domesticadas o puramente artificiales, las leyes que gobieman estos ecosistemas son idénticas y gobieman igual a todos los seres vivos.*



Aplicar Autorregulación y Aceptar retroalimentación

Los pecados de los padres visitan a los hijos hasta la séptima generación

El Principio trata de aquellos aspectos auto-regulatorios del diseño permacultural, los cuáles limitan o desalientan el crecimiento o comportamiento inapropiado.

Naturaleza y control en la naturaleza

En todos los ecosistemas existe el proceso de la Auto-regulación a través del cual, las sobrepoblaciones son auto controladas por sí mismas o por una entidad que se beneficia al implementar dicho control.

En los Sistemas de Manejo:

La primera prioridad es sobrevivir (obtener una cosecha de energia captada).
La segunda prioridad es corresponder por lo que obtenemos, de tal manera que ayude a mantener el flujo futuro de energia.
La tercera prioridad es contribuir con el sistema más grande, de alguna u otra forma y dirección, en lugar de ver nuestra propia sobrevivencia como la meta en sí misma.
-¿Cuánto es suficiente para consumir?
-¿Qué tan grande debe ser tu casa?
-¿Cuánto trabajo es suficiente?
-¿Cuántas verduras se deben producir?
-¿Cuántas horas debemos trabajar en realidad?
-¿Cómo deberíamos de pagar y cómo lo medimos?
-¿Cuál debe ser el precio real?
-¿Los mercados están fallando al proporcionar información acerca de los valores?
-¿Cómo contribuir al bien mayor?
-¿Pagar impuestos sirve para la comunidad?
-¿Es útil o suficiente?
Si no, ¿qué más deberiamos hacer?

La guerra ha sido siempre la forma como los humanos hemos llevado a cabo la autorregulación, sin embargo con el descubrimiento de la energía barata del petróleo, esta relación cambió. Nos sextuplicamos en tan sólo dos siglos, y en tan sólo 50 años, consumimos el petróleo que el planeta tardó millones en almacenar. La autorregulación está siendo implementada por nosotros mismos (nos guste o no).Aunque hemos fallado en implementarla de una manera consciente, sin embargo existen estrategias para lograr cambios sociales de una manera más eficiente, a continuación menciono algunos:

1. *Estrategia de arriba-abajo y abajo-arriba, o sea, pensando de arriba-hacia-abajo y actuando de abajo-hacia-arriba.*
2. *Responsabilidad Personal.*
3. *Riqueza y poder individual auto regulados.*
4. *Auditoria personal, en la que puedes:*
-Enumerar tus necesidades, deseos, adicciones, habilidades, compromisos y responsabilidades.
-Considerar todas las influencias y conexiones.
-Hacer un mapa del flujo de material y energético de los movimientos de tus patrones personales.
-Aceptar tu responsabilidad sin culparte o culpar a otros.
-Buscar las oportunidades más sencillas para reducir la dependencia, minimizar el daño y mejorar tu calidad de vida.
-Hacer pequeños cambios y revisar la auditoria regularmente.
5. *Usar la auto-dependencia y autonomia como Acción Politica.*
6. *Usar la auto-dependencia como preparación para desastres.*

Conclusión. Ya sea que elijamos especies nativas, usemos baño de composta en lugar del convencional, prefiramos que nuestros hijos nazcan en casa, o le quitemos a la TV su estatus de miembro privilegiado en el hogar; estamos aplicando este Principio de *Autorregulación y Aceptación de retroalimentación.* Al navegar en el proceso de lograr nuestra independencia y autonomía, contribuimos a un mundo más balanceado y armonioso capaz de continuar manteniendo la vida y la humanidad.



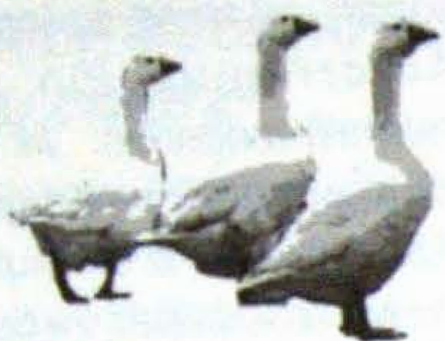
Utiliza Recursos biológicos

Seca la ropa mientras brilla el Sol

En agricultura, el consumo de recursos no renovables representa un gasto continuo en combustible y renovación del equipo además de la inversión que año con año se hace en fertilizantes quimicos. Este tipo de economía está encerrada en un circulo vicioso que con cada siembra se incrementa. No tiene futuro a largo plazo debido a la naturaleza finita del petróleo y al detrimento anual que sufre la tierra al ser erosionada y envenenada con los químicos.

La mayoría de las tareas realizadas por este tipo de tecnología pueden ser hechas utilizando Recursos Biológicos (microorganismos, animales y plantas) que se emplean para ahorrar energía y hacer el trabajo de la granja, rancho o finca, más simple y menos sofisticado. El introducir este tipo de sistemas implica una inversión mucho menor, sin embargo requiere de una cuidadosa planeación y conocimiento de las especies que se van a utilizar. El manejo en las etapas iniciales de estos sistemas es una estrategia clave para la eficiencia en el reciclaje de energía y desarrollo sostenible.

En la práctica: se siembran abonos verdes y árboles de leguminosas en lugar de fertilizantes nitrogenados; se introducen gansos y pastos de poca altura en lugar de podadoras; se usan controles biológicos (desde bacterias hasta patos e insectos) en lugar de pesticidas *(Fig.3.19)*; y se usan animales como gallinas y cerdos en vez de tractores, fertilizantes y herbicidas artificiales.


Fig.3.19

Por otro lado, el uso cuidadoso y apropiado de recursos no biológicos como tractores, retro excavadoras, paneles solares y otros, es correcto; siempre y cuando se utilicen para implementar sistemas biológicos regenerativos a corto, mediano o a largo plazo.

En la práctica, ejemplos de estos son: las tecnologías alternativas (como foto celdas solares que producen electricidad y los calentadores solares de agua) y maquinaria pesada (para construcción de caminos y presas, para acondicionar suelos degradados o para acarrear limo y materia orgánica a nuestro terreno).

Todos estos equipos han utilizado recursos no renovables en su manufactura u operación, pero podemos utilizarlos eficientemente en la implementación de sistemas encaminados a la regeneración siempre y cuando no quedemos forzados a utilizar dicha maquinaria permanentemente.

A continuación se mencionan algunos tipos de microorganismos, plantas y animales que se utilizan como recursos biológicos para crear sistemas que generan vida, retroalimentándose continuamente para evolucionar en armonía:

Microorganismos como control biológico y generadores de suelos

Todos los seres microscópicos son parte del ecosistema del suelo vivo, entre los más importantes se encuentran las *bacterias (Fig.3.20), hongos (Fig.3.21) enzimas y actinomicetos.* Una de sus principales funciones es hacer que los minerales en la tierra se encuentren de forma disponible a la raíces de las plantas; también se les utiliza para descomponer materia orgánica en el suelo incrementando con esto su fertilidad. Otro de sus usos es la fermentación de compostas, con lo que se incrementa la cantidad de nitrógeno proteínico disponible para las plantas.


Fig.3.20


Fig.3.21

Los microorganismos también se usan para tratar el agua contaminada. Por otro lado, existen diminutos seres como el ***lacto bacilus subtilis*** *(Fig.3.22)*, que es una bacteria que coevolucionó con la humanidad y hoy en día se utiliza de diversas maneras, desde la fermentación en productos alimenticios hasta la elaboración de los mejores biofertilizantes en la agricultura.



Fig.3.22

También existen algunos que pueden ser utilizados para controlar desórdenes en el suelo, por ejemplo los hongos *Beauveria Bassiana* se están utilizando para el control de larvas de escarabajo (las cuales, en condiciones desfavorables del suelo atacan las raíces de algunos cultivos como el maíz).

Animales para tracción

Los caballos, las mulas y los bueyes han apoyado al hombre en la labranza de la tierra desde tiempos inmemorables, su uso de nuevo se hace popular entre los campesinos dados los elevados costos del petróleo y sus derivados *(Fig.3.23)*.


Fig.3.23

Animales escarbadores de suelos Los campeones para remover, fertilizar y escarbar el suelo son por mucho, el cerdo y la gallina. También se pueden usar caballos, vacas o chivos para desyerbar.

Al encerrarlos (cerdo y gallina) en una área con hierbas, destruyen toda la vegetación, cultivan parcialmente el área y abonan la tierra, luego se les rota a otra área antes de que hagan demasiado daño sobre-abonando o perturbando el suelo.

Hábitats para inducir controles naturales

Plantas de la familia de las *compositáceas* y *umbelíferas* como el eneldo, hinojo, margaritas y caléndula situados alrededor de la hortaliza y huerto, atraen insectos predadores de plagas.

Los estanques en el jardín atraen ranas que comen insectos; las piedras amontonadas son hábitats de serpientes que comen roedores, cajas para nidos de pájaros les invitan a vivir en nuestra hortaliza, cada pájaro come diariamente su peso en insectos *(Fig.3.24)*.


Fig.3.24

Fertilizantes

Todos los animales reciclan nutrientes al consumir la vegetación u otros alimentos y excretar **estiércol nitrogenado** para los campos, huertos y hortalizas. En estanques de agua, el estiércol de pato y cerdo aumenta los nutrientes para los peces. Las **lombrices** transforman los desechos de la hortaliza convirtiéndolos en humus, además de cavar túneles en el suelo que sirven para bombear oxígeno dentro de la tierra. La **consuelda y ortiga** suben nutrientes desde el subsuelo y los fijan en sus hojas, mismas que combinadas con abono o usadas como acolche o fermentadas en agua, sueltan estos nutrientes para beneficio de las plantas en la hortaliza y árboles frutales.

Las plantas **leguminosas** *(Fig.3.25)* que van desde los tréboles hasta las casuarinas pasando por frijoles, habas, lupinos, alfalfa, su pariente el tagasaste, y otras 150 familias más, son capaces de fijar nitrógeno del aire para almacenarlo en sus raíces, ya sea que se les incorpore al suelo o se les use como abonos verdes, son excelentes aportadores de nitrógeno (N). El tagasaste se utiliza para el ramoneo de animales, pues crece con mucha vitalidad, además sirve de rompevientos y de acondicionador de suelos.

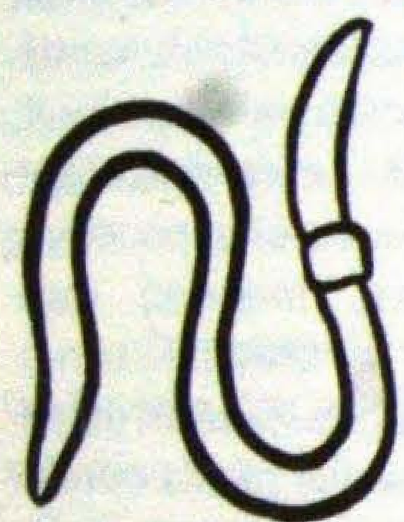

Fig.3.25

Abejas y avispas

El tener uno o dos panales cerca, además de aportar miel, también incrementa la polinización en las plantas y árboles del huerto. En zonas tropicales y ecuatoriales, la crianza de abejas *meliponas* facilita la producción de miel, cera y acceso a sus servicios de polinización debido a su naturaleza pacífica (no tienen aguijón).

Gansos y patos

En la huerta y hortaliza se comen los insectos y hierbas, además de abonar el suelo, con la ventaja de que no mueven los acolches como las gallinas y los pavos.



Producir Cero Desperdicios

Este Principio nos recuerda que al diseñar debemos implementar sistemas y procesos que se alimenten y retroalimenten unos a otros, en los que se reduzca a cero la importación o exportación de materiales o desperdicios, ciclos cerrados que se auto-generen a sí mismos.

No se trata de hacer cosas que no sean tan malas para otros o para el medio ambiente, sino más bien, *se trata hacer cosas que sean buenas para el planeta y sus habitantes.*

El diseñar sistemas que producen **Cero Desperdicios**, y el aprender a vivir produciendo cero emisiones, significa entrar al círculo de una autonomia que puede llegar mucho más allá de la sustentabilidad.

Un contaminante es "aquel producto de cualquier componente de un sistema, el cual no es utilizado por ningún otro componente del sistema".

En la práctica podemos minimizar nuestros desperdicios aplicando las siguientes sugerencias:

Rehúsa aceptar basura (en especial cosas hechas de plástico, bolsitas, juguetes, accesorios, etc.). **Re-utiliza** y **Reduce** el consumo de bienes. **Re- utiliza** los envases, si los compras es mejor que sean de vidrio y no de plástico.



Fig. 3.26

Los desperdicios de la cocina, que sean para las gallinas, las lombrices o la composta *(Fig. 3.26 y 3.27).*



Fig.3.27

No ensucies el agua limpia con tus desechos, pon una letrina seca en tu patio. Usa el agua de la regadera para remojar la ropa, luego al sanitario, de ahí al filtro y después al jardín. Únicamente compra lo que realmente necesitas.



Fig.3.28

Repara. Aprende a darle mantenimiento a tu herramienta, casa y cosas, incluyendo la bici y el coche *(Fig.3.28.).*

Reciclar consume energía, es mejor re-utilizar. Remplazar productos tóxicos con otros biodegradables es un acierto de la innovación industrial. Busca las más sencillas oportunidades para reducir la dependencia, minimizar el daño y mejorar tu calidad de vida.

Haz pequeños cambios, pero que sean permanentes.



Diseñar de los Patrones a los Detalles

Los árboles no me dejan ver el bosque

La mayoría de los patrones observados en la naturaleza y en la sociedad, nos permiten entender lo que vemos, y también usar un patrón de diferente contexto y escala para diseñar otro adentro.

El pensamiento en patrones, y la práctica de aprender a observar y reconocerlos, es una habilidad que nos permite avanzar en el desarrollo de la autonomía.

Los Patrones de Escalas en Espacio y Tiempo nos permiten determinar la diferencia entre escala fisica y escala funcional.

Los Patrones de paisajes naturales nos ayudan a determinar las reglas para implementar nuestros propios paisajes inducidos. Es muy diferente un bosque a una plantación de eucaliptos o pinos.

Los Patrones en la topografía, nos insinúan su comportamiento al ser modificada por las escorrentías, y nos muestran los puntos de control más eficientes.

Los Patrones estructurales en la vegetación, nos muestran los bosques como modelos para la agricultura de donde la Permacultura trajo los bosques permaculturales de alimentos y agroforestería. Bosques con un manejo silvopastoril, multifuncionales, que producen alimento y ganado en el corto plazo, así como maderas nobles a largo plazo.

Diseño Permacultural del sitio

El Diseño de un emplazamiento humano (ya sea rural o urbano) se debe hacer como diseño celular y a la vez como parte de una bioregión. Así como la araña trabaja tejiendo primero los hilos principales para luego atar cada punto, así la Permacultura utiliza los tres conceptos de diseño que nos permiten ir de los Patrones a los detalles: Sectores, Zonas y Pendiente.

Estas tres herramientas combinadas, hacen que el diseño de cualquier proyecto sea funcional, bello y productivo. Estos criterios muestran de manera precisa, las razones por las cuáles cada uno de los elementos se sitúa en un emplazamiento determinado dentro de una propiedad.

Los principios de ubicación dirigen el proceso de diseño, manteniendo la visión de los Patrones Generales para luego enfocar la atención hacia los detalles. La mayoría de los patrones observados en la naturaleza y en la sociedad, nos permiten no sólo entender lo que vemos, sino también usar un patrón de diferente contexto y escala para diseñar otro adentro.

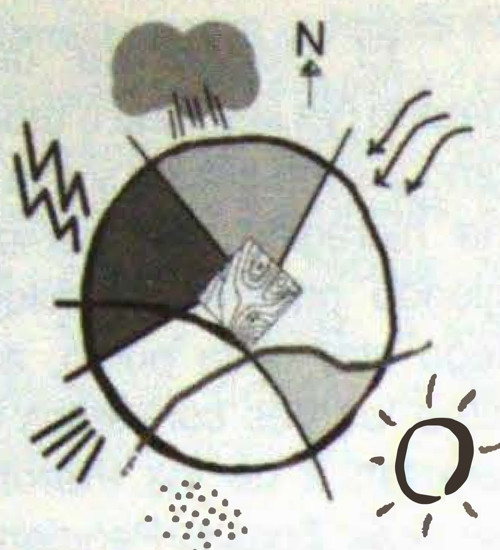
La ubicación adecuada de todos los elementos dentro de un sistema puede analizarse bajo la perspectiva de los Principios de:

Sectores, que sirve para visualizar, analizar, y considerar todas las influencias externas que confluyen dentro del sistema.

Zonas, cuyo análisis busca encontrar la distancia óptima de los elementos periféricos al centro principal de actividades.

Pendiente, estudios topográficos para la ubicación precisa de los elementos tomando en cuenta el diferencial de alturas dentro de los terrenos.

Sectores



El análisis de los Sectores sirve para considerar adecuadamente los elementos externos que fluyen desde "afuera" hacia nuestro sistema (aire, sol, fuego y agua, inundaciones, etc.). Para ello elaboramos un ***Mapa de Sectores*** en el que se muestra la influencia de todos los elementos externos confluyendo a una propiedad en particular.

En la práctica: se traza un círculo del tamaño de la hoja, ubicando en el centro un plano topográfico (de preferencia con curvas a nivel) de la propiedad (a una escala 5-6 veces menor que el círculo) y con el norte en la parte superior de la hoja. En este plano se dibuja la casa, cochera, hortaliza, y demás elementos existentes ubicándolos a escala dentro del plano (o mapa actual). A continuación se trazan las zonas de influencia "radiando" **hacia** el centro, desde cada uno de los puntos cardinales de los que en la realidad procede cada influencia extema.

Algunos elementos a tomar en cuenta en el plan básico son: El sector del sol en inviemo y verano, el sector con peligro de incendio, el sector de los vientos fríos, el sector de los vientos rápidos (perjudiciales), el sector de los vientos calientes y polvaderas, el sector de la contaminación visual y atmosférica, el sector del ruido, calles, carreteras, fábricas, el sector de vistas deseadas, el sector de riesgos (visibles o no), la reflexión del sol en estanques, corrientes de río, posibles inundaciones y otras zonas de riesgo.

Estas consideraciones determinan en gran parte el tipo de plantas y estructuras que son adecuadas para cada sector y con qué fin se les instala en una posición determinada, porejemplo con esta información se puede:

1) Sembrar un seto en el aspecto de vientos helados para bloquearles el paso cuando bajan por las noches, disminuyendo así el riesgo de hortalizas congeladas.

2) Podar ciertas ramas de árboles para abrir un sector y permitir el paso de los rayos del sol.

3) Sembrar una pradera o sembrar plantas de la especie de las suculentas en el aspecto del fuego, con el fin de crear una barrera que le corte el paso en caso de presentarse.

4) Construir un canal de conducción de agua para desviar y aprovechar escorrentías.

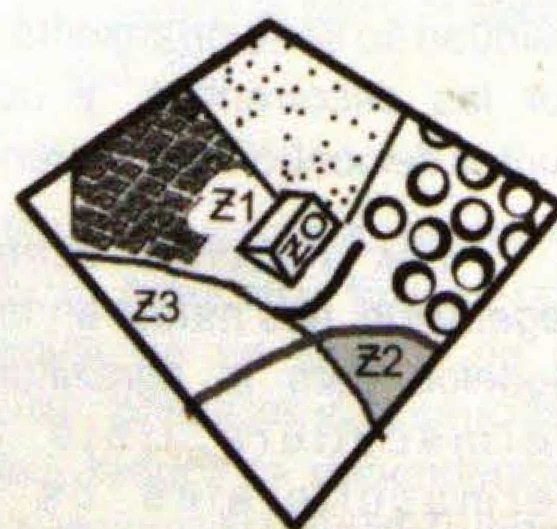
5) Construir un camino en el punto más adecuado.

6) Prevenir erosiones, inundaciones u otro tipo de amenazas.

El objetivo del análisis de Sectores es:

dejar en claro el lugar en que se deben situar los componentes del sistema de tal forma que "manejen las influencias externas" a nuestro favor.

Zonas



La planeación de zonas sirve para ubicar los elementos "dentro" de la propiedad según sea su intensidad de uso en relación al lugar donde se concentra la mayor actividad del sitio, a la cual se le denomina la "ZONA 0" (zona cero).

La pauta para determinar en cual zona se coloca cada elemento es: *"Entre más visitas sean necesarias a un elemento, más cercano deben estar a la Zona 0".*

En una granja, finca o rancho, las áreas que deben ser visitadas cada día (invernadero, hortaliza, gallinero) se ubican más cerca de la casa y las menos frecuentadas (frutales, praderas, bosques de leña) se ubican más lejos. Para ubicar los elementos en las zonas partimos del centro de la zona cero.

Para ilustrar la forma como se priorizan las zonas en función de las visitas, se elabora una Tabla de Zonificación (un ejemplo para zonificar algunos elementos con relación a la casa se aprecia en la *Tabla 3.1*).

TABLA DE ZONIFICACIÓN

Zonificación en relación a la Casa	Numero de visitas	Zona
Cochera	2	*2*
Pozo	1	*3*
Letrina Seca	5	*1*
Hortaliza	3	*1*
Gallinero	1	*3*
Taller	1	*3*
Composta	1	*3*

Tabla 3.1

En el recuadro superior izquierdo se especifica el centro de actividades y hacia abajo se anotan los diferentes elementos a donde se acude normalmente.

En la siguiente columna se anotan el número de visitas que se realizan al día, y en la última columna se anota la zona que le corresponde de acuerdo al número de visitas (entre más visitas al día, más cerca de la zona cero debe ubicarse).

Los siguientes elementos deben ser ubicados muy cerca del centro de actividades para evitar el gasto innecesario de energía, tiempo y esfuerzo al visitarlos: a) aquéllos que requieren mucha observación, b) aquéllos que requieren mucho trabajo, c) aquéllos que requieren muchas visitas, d) aquéllos que requieren técnicas complejas de manejo.

"La Zona 0" es el centro de actividades del sitio. Puede ser la casa, el establo, el taller o la plaza de un pueblo (si el diseño es a gran escala). Debe ser planeado en base a sistemas de conservación de energía y su diseño debe satisfacer las necesidades de sus ocupantes sin detrimento del medio ambiente.

"La Zona I" es la zona justo alrededor a la casa. Por ser la zona más frecuentada y transitada, requiere más control que las demás. Aquí se ubican las hortalizas, especias, semilleros, leña, paja, talleres, invemaderos, animales pequeños, abono, composta y por lo menos un árbol de limón. El punto más cercano entre la casa y la hortaliza debería ser la cocina. De aquí que la ubicación de la hortaliza es en la zona (1) uno, justo a la salida de la cocina. Esta posición permite además, estar al pendiente de lo que sucede, ya sea que se metió un animal o le hace falta agua a las plantas, etc. Dentro de la misma hortaliza se aplica el mismo cnterio. Entre más veces cosechamos alguna planta, más cerca de la entrada a la cocina debe estar y viceversa.

La regla de oro es primero desarrollar el área más cercana al centro. Una vez que ésta se tiene bajo control, se expanden los bordes. Es común caer en la tentación de colocar las hortalizas lejos de la casa ¡evítalo!, cualquier suelo puede ser desarrollado para establecer una hortaliza, así que es mejor hacerla justo al lado de la vivienda donde se le puede ver a diario y visitar a la pasada.

"**La Zona II**" también se utiliza intensivamente, se planta con árboles grandes, cortinas rompevientos, árboles frutales de poda y huertos de moras. Algunas de las estructuras pueden ser: enrejados, corrales y piscinas. Además en esta zona se ubican plantas y animales que requieren cuidados continuos. El agua aquí es completamente controlada, ya sea con sistema de micro aspersores o por goteo. Las aves de corral tiene acceso a la huerta y/o al bosque productor de leña. Se les permite el paso a ciertas horas del día y por un tiempo limitado. Se pueden crear ciertas áreas para pastorear una vaca desde la zona próxima.

"**La Zona III**" es donde se plantan los frutales que no requieren ni poda ni acolche, aquí se establecen las praderas para pastar vacas, caballos, ovejas o cabras y donde también se tienen los cultivos a gran escala, maíz, trigo, avena, etc. El área está disponible sólo para cierto tipo de plantas y bebederos de animales. También se establecen en esta zona los bosques maderables y árboles grandes como aguacates, mangos, nogales, etc. Cortinas rompevientos, matorrales y arbustos forrajeros se siembran aquí también.

"**La Zona IV**" es la última zona manejada por el hombre y esto a muy baja intensidad, pues no se interviene ya en la producción de alimentos, sólo en la cosecha de algunos productos que son totalmente silvestres. Por otra parte se maneja la madera, producto de los árboles ahí sembrados con este fin.

"**La Zona V**" es un sistema *totalmente silvestre* a donde acudimos a observar y aprender. En caso de no existir, sembramos un bosque nativo. Este debe ser un sitio que contiene toda la selección de plantas nativas regionales, desde la grama hasta los árboles clímax incluyendo toda clase de hierbas y arbustos. Una vez sembrados dejamos que la naturaleza actúe y no intervenimos para nada, este es el sitio ideal para meditar y maravillarnos con su desarrollo.

Manejar el concepto de zonas facilita el manejo de las distancias, las cuales son completamente variables. Las zonas se pueden intercalar unas con otras, o se pueden quedar unas más alejadas y al mismo tiempo más cercanas, por ejemplo se puede ubicar la casa (zona 0) justo frente a un bosque (zona V). Los patrones de zonificación cambian cuando se tienen dos o más centros de actividades, por ejemplo casa y casa de visitas, o casa y establo, en estos casos se deben estudiar cuidadosamente los vínculos entre estos centros, o sea vías de acceso, agua, suministros de luz, teléfono, gas, drenaje, cercos, etc.

Pendiente



El análisis correspondiente a la ubicación de elementos dependiendo de su elevación en el terreno, permite visualizar los puntos aprovechables para maximizar el uso de la fuerza de gravedad. Uno de los sistemas más eficientes para evaluar la posición de todos los elementos dentro de una propiedad es el estudio de los *Puntos y Lineas clave*, ya que están basados en la topografía natural del terreno.

El método utiliza la forma y contorno del paisaje para determinar el diseño y posición de bosques, canales de conducción-infiltración, reservorios de agua, represas, canales y áreas de irrigación, caminos, potreros, cercas, establos, corrales, casas, estructuras y barreras de árboles.

La línea clave es un método de análisis que estudia, analiza y modifica el movimiento del agua desde el momento en que toca la superficie del suelo dentro de cualquier propiedad, y en el cual se enfatiza el proceso de diseño para incrementar substancialmente el aprovechamiento del agua y la productividad de las tierras. Se hace hincapié en la creación de condiciones para que el suelo acelere su actividad biológica, y con ello se incremente enormemente el contenido de materia orgánica.

Los proyectos diseñados en base a las *líneas clave* en granjas, fincas, ranchos y tierras de pastoreo, incorporan diseños que permiten el almacenaje de las escorrentías dentro de la propiedad. Esto facilita la distribución (tan a menudo irregular) del patrón de lluvias, con lo que se mejora la producción rural *(Fig.3.29)*.

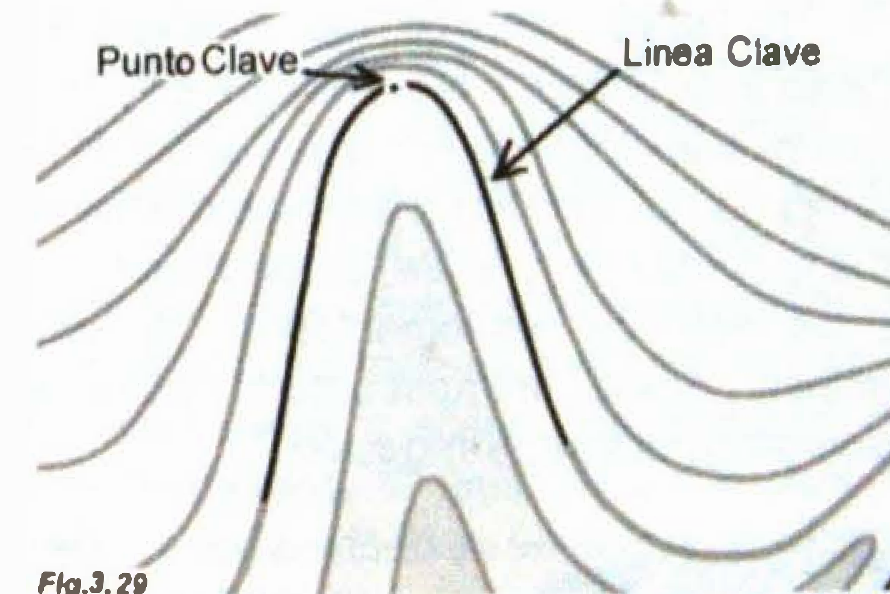


Fig.3.29

Estos proyectos y prácticas están basados en el principio de que los sistemas agropecuarios que mejoran la fertilidad de las tierras y su producción de alimentos, deben ser rentables para el campesino que las trabaja.

En la práctica: lo primero es ubicar en el terreno las laderas con sus respectivos parteaguas y las vertientes con sus respectivos centros, para luego ubicar los puntos clave y determinar cuáles son los apropiados para demarcar las ocho áreas que definen cualquier proyecto en función del agua: Áreas de captación de agua, Áreas de Conducción de escorrentías (canales de condu-infiltración), Áreas de caminos y cercas, Áreas de almacenaje de agua (reservorios, jagüeyes, bordos o represas), Áreas de distribución de agua de riego (canales de riego), Áreas de cultivo o praderas de temporal, Áreas de Riego y por último, Áreas de Filtración para regresar el agua a sus cursos naturales en las mismas condiciones de pureza que tenia cuando entró a la propiedad. Todas estas estructuras están interrelacionadas para trabajar conjuntamente en la captación, almacenaje y distribución de agua además de cumplir con sus propias funciones.

El análisis de cualquier propiedad debe hacerse empezando desde el punto más alto, ubicando los puntos clave y bajando hasta el punto más bajo. A continuación se sugieren algunos criterios de ubicación considerando la pendiente.

1. En las partes altas de los terrenos se recomienda sembrar árboles para implementar una zona de captación de agua eficiente, es importante planear un acceso que facilite el paso de vehículos a las partes altas del terreno. Este camino puede proveer drenaje o encausar el agua hacia las represas ubicadas en la mitad de la ladera. También sirve de guarda-raya en tiempo de incendios y de acceso en tiempos de cosecha para huertos, bosque, para los talleres y establos.

2. Un poco más abajo de la zona de captación, se puede modificar el movimiento natural del agua implementando un canal de conducción-infiltración, que sirve para canalizar el agua de lluvia hacia los reservorios construidos en los puntos clave más adecuados. Paralelo al canal de conducción, del lado de abajo, se construye el camino que puede conducir hasta

la zona de mayor actividad donde se ubican los talleres, la bodega y la casa de reunión, cuyos techos son grandes y sirven para captar agua de lluvias que se almacena en tanques cisterna, localizados de tal manera que su nivel máximo está a nivel con las canaletas de desagüe de los techos. Sus derramaderos canalizan el agua a represas en lo alto de la propiedad. También se hacen canales de infiltración que llevan el agua a dichas represas.

3. Desde los reservorios más altos se conduce el agua a través de canales de riego para irrigar los cultivos o praderas.

4. Los tanques cubiertos son los que abastecen el agua potable a la casa, deben ser construidos con una buena cimentación y estar herméticamente cerrados para que no entre el aire, el polvo o el sol. El agua para duchas, baños y hortalizas puede provenir de estos tanques.

5. Si la casa está situada en lugares secos o pedregosos, se seleccionan plantas para tierra seca las cuales sólo necesitan agua durante su establecimiento. Los bosques y huertos frutales ayudan a controlar la erosión y a retener el agua en el suelo. Las plantas con mayores requerimientos de agua se siembran en los lugares más bajos.

6. Al lado de la casa se ubican tanques de agua de emergencia, y a espaldas de la misma, se pueden tener represas que la protegen de incendios.

7. Las aguas negras y grises, una vez tratadas a través de biodigestores, trampas de grasas y humedales, se dejan correr loma abajo para ser absorbidas por la vegetación densa en el jardín.

8. Cuesta abajo se sitúan los bordos y lagos que tienen mucho más volumen de captación de agua. Sirven en situaciones de emergencia como sequía o fuego, de ser necesario, se construye un reservorio en el punto más bajo del terreno para captar toda el agua que no fue utilizada y rebombearla (con molinos de viento o paneles solares) a los tanques o a las represas ubicadas en los sitios más elevados *(Fig.3.30)*.

La regla principal del Principio de Ubicación en cuanto a la pendiente, es ubicar todos los elementos dentro la propiedad de tal manera que se aproveche al máximo la fuerza de la gravedad en (y entre) todos y cada uno de los sistemas implementados; ya sean caminos, casas, infraestructura, potreros, reservorios o zonas de irrigación.

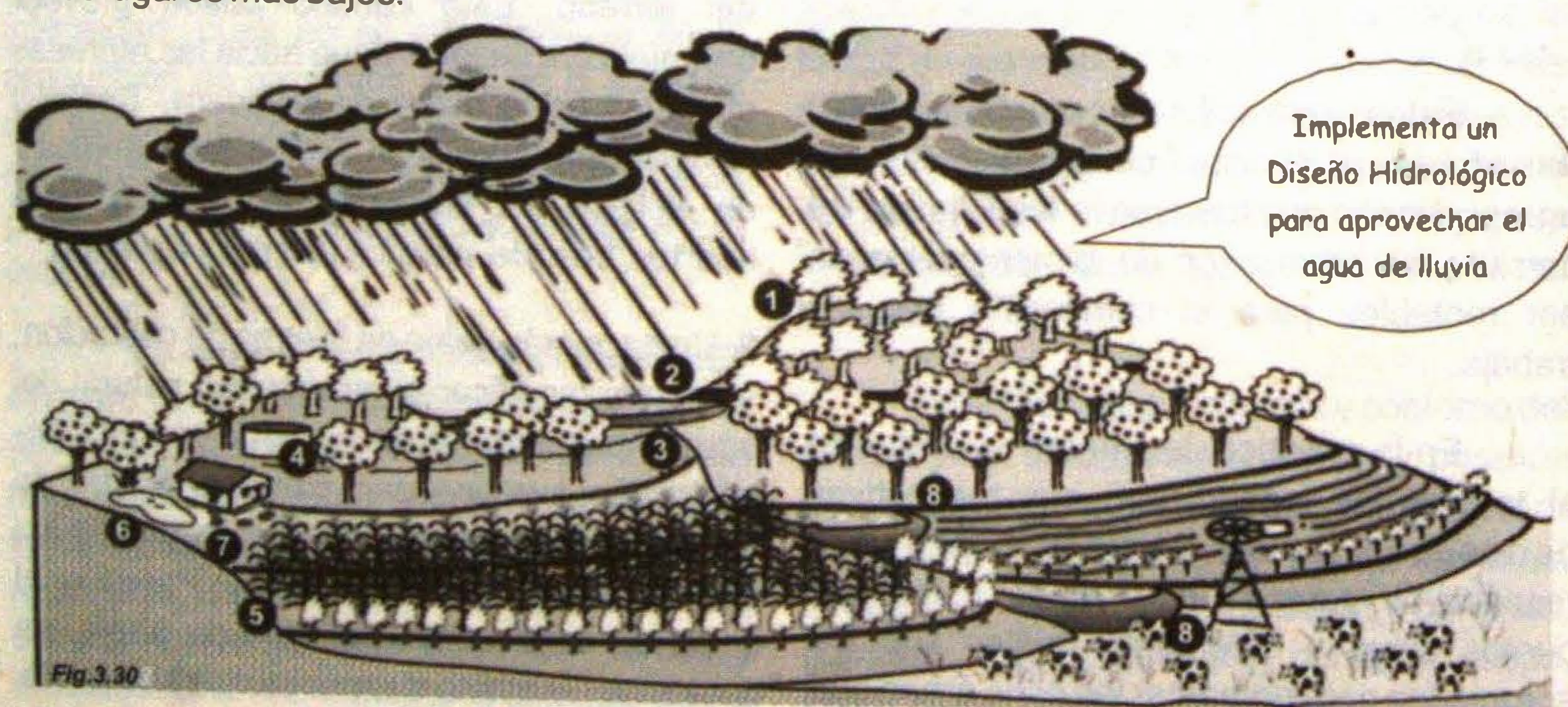
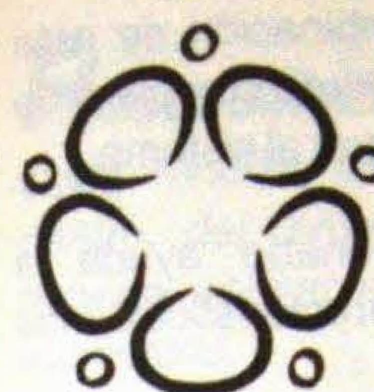


Fig.3.30



Integrar en lugar de Segregar

Cooperar no Competir

La unión hace la fuerza

Otro de los aspectos importantes a considerar en los diseños permaculturales, es tomar muy en cuenta la función de cada uno de los elementos que integra un proyecto. Estas consideraciones nos muestran las características, necesidades, usos, productos y desechos propios de cada elemento, mismas que pueden estar o no ligadas a los demás elementos que buscamos implementar. Esta información nos permite incrementar la eficiencia operativa y productiva de nuestro sistema en general.

En cada aspecto de la naturaleza, desde el funcionamiento interno de los organismos hasta ecosistemas completos, encontramos que las conexiones entre las cosas son tan importantes como las cosas en sí mismas. De ahí que el propósito de un diseño funcional y auto-regulado, es ubicar los elementos de tal manera que cada uno sirve las necesidades y acepta los productos de otros elementos. El lema *"la unión hace la fuerza"* adquiere todo su sentido al considerar los Criterios de: ***Integración***, ***Multifuncionalidad*** y ***Redundancia*** en el Diseño y Desarrollo de cualquier proyecto.

Integración

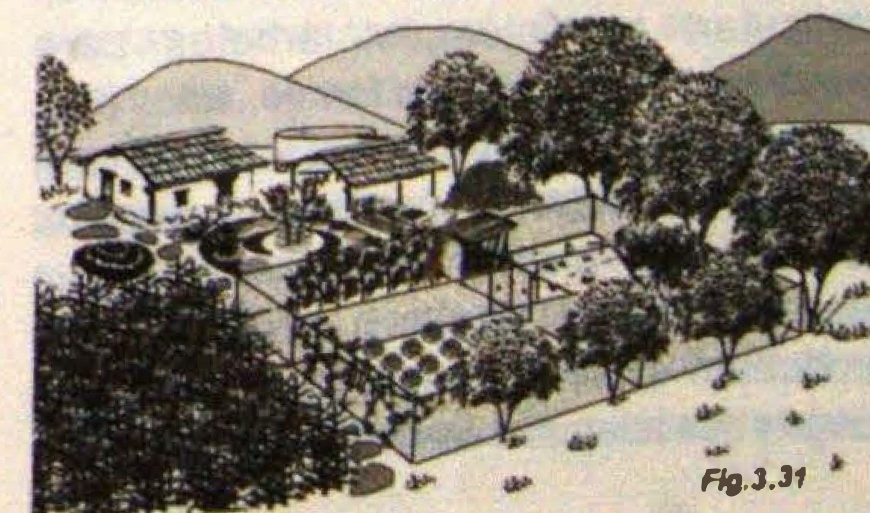
Cada elemento está ubicado en relación a otro, en función de lo que requiere y lo que aporta.

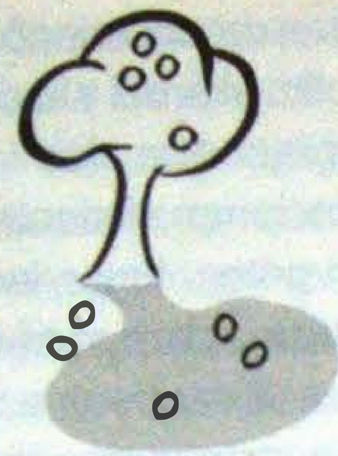


Diseñar es impartir orden con sentido. *Este es el centro de la Permacultura y el Diseño, la conexión entre las cosas.*

Es el reconocer cómo -por ejemplo- el agua, el pollo, el árbol y la casa están conectados. Para lograr que los componentes del diseño funcionen eficientemente, debemos descubrir, en primer lugar, las características básicas de cada componente en particular, sus necesidades y sus productos, y en segundo lugar, debemos situarlo en el lugar correcto.

En la práctica: un buen diseño se inicia con la lista de elementos (escritos en columna) que sirven para satisfacer las necesidades de las personas involucradas en el proyecto. En cada renglón se anotan los elementos directamente relacionados con el elemento anotado inicialmente, esta información nos sirve para elaborar un Diagrama de Flujo. En él, se sitúa el nodo o centro de actividades más importante (en este caso la casa en conexión con la hortaliza), y en torno a éste, se ubican los demás elementos ya sean cocheras, talleres, establos, hortaliza, huerta, rompevientos, presas, etc. La clave al combinarlos es tomar en cuenta que: *1) Los ingresos* que necesita cada elemento sean proveídos por otro elemento del sistema. La hortaliza requiere de ingresos tales como agua, tierra, abono, plantas y lo más importante... nuestra atención. 2) *Los egresos* que genera un elemento sean utilizados por otro elemento (incluyendo a nosotros mismos). La hortaliza genera alimentos que vamos a consumir, genera material orgánico (ramas, varas, hojas y desechos que van a ser reciclados en compostas de diferentes maneras) *(Fig.3.31)*.


Fig.3.31



Multifuncionalidad

Este criterio estipula que cada elemento que se incluya dentro de un diseño, debe desempeñar 2 o más funciones.

En la práctica, algunos ejemplos son:

1. Una reserva de agua (jagüey o bordo) debería de utilizarse como reserva de agua para abrevadero, para control de incendios, para reproducir peces y plantas, para modificar el entorno elevando la humedad relativa, como espacio recreativo, etc.
2. Una pared de árboles sembrada como rompevientos detrás de la casa, también debería producir madera y/o fruta, servir de hábitat para vida silvestre y actuar como barrera contra incendios.
3. Un camino, además de servir como tal, debería de canalizar agua dentro de la propiedad y también podría servir como espacio para secar semillas.
4. Un invernadero además de proteger plantas durante el invierno, puede servir para calentar o enfriar la casa.
5. Una gallina también puede servir para trabajar y abonar la tierra.
6. Una bicicleta, además de medio de transporte, puede servir para bombear agua mecánicamente, para mover una licuadora, un pequeño molino de café o una lavadora.

Podemos también seleccionar plantas con doble propósito ubicándolas en un sitio en particular, por ejemplo: árboles para rompevientos que aporten forraje, setos para privacidad y que además aporten combustible, especias que sirvan para control de erosión, plantas de alimento que reacondicionen suelos, cereales que produzcan acolche, plantas para control de fuego y que además sean hábitats.

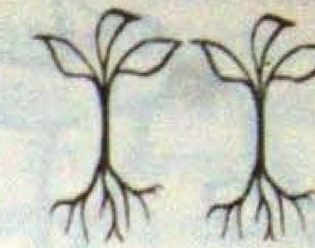
Para lograr una combinación de este tipo se requiere el conocimiento completo de cada planta que se va a integrar al sistema.

El siguiente cuestionario ayuda a clarificar algunas de las características más importantes de las plantas:

¿Pierde su follaje?
¿En qué época?
¿Es anual o perenne?
¿Vive varios años?
¿Cuánto tiempo vive?
¿Crece rápido?
¿Hasta qué altura crece?
¿Tiene follaje denso o ralo?
¿Refleja el sol?
¿Florea todo el año?
¿Si no, en que estación si?
¿Su flor contiene néctar para abejas?
¿Requiere polinización cruzada o se auto-poliniza?
¿Fructifica?
¿En qué época?
¿Cuál es la caducidad de la fruta cortada?
¿Se pueden hacer conservas de los frutos?
¿Sus raíces son invasoras?
¿Presenta enfermedades?
¿Arde fácilmente?
¿Resiste heladas y vientos?
¿Se puede forrajear?
¿Qué otras necesidades tiene?
¿Agua, aire, sol, tierra arcillosa, tierra arenosa, pH?
¿Qué productos se obtienen de ella?
¿Verduras, frutas, tubérculos, vainas?
¿Captura nitrógeno del aire y lo guarda en sus raíces?

Buscar la multifuncionalidad de los elementos requiere del estudio de sus características y de una buena dosis de imaginación, los frutos de tal inversión redundan en la eficiencia y costo de los elementos implementados en los proyectos. Aunado al conocimiento necesario para su comercialización en función de la demanda.

Redundancia



Cada función importante dentro del proyecto se debería apoyar en varios elementos.

Las necesidades básicas como agua, alimento, energía y protección contra fuego y viento deben ser proveídas por dos o más elementos. **En la Práctica:** en cualquier asentamiento humano el agua es un elemento vital e indispensable, por lo tanto su abasto debe provenir de varias fuentes, que pueden ser: a) un pozo, **b)** la lluvia que puede ser captada de los techos a un aljibe, **c)** también se pueden hacer bordos y zanjas de infiltración para captarla y almacenarla en el subsuelo, de donde se le puede sacar a través de una noria, **d)** la red municipal sólo debe considerarse en casos extremos y sólo si no contiene cloro y no es demasiado cara.

Un ejemplo más es el bombeo del agua, el cual no debe depender de una sola fuente energética (electricidad o aire), se debe contar con una redundancia para bombear. Otro ejemplo sería el abasto de alimentos, el cual no sólo debe provenir del supermercado, se debe asegurar a través de la producción en el huerto familiar, mismo que debe estar ubicado en el patio de la casa. Otro ejemplo: la producción de abono debe provenir de diferentes formas de composta: *a)* de los desechos de comida procesados por lombrices (vermicomposta), **b)** de composta hecha con los desperdicios de la hortaliza y, **c)** de compostas hechas con estiércol de vacas, caballos, chivos, conejos o cualquier otro animal que se encuentra en la localidad.



Fig. 3.32



Usar soluciones lentas y pequeñas

Implementa y usa sistemas intensivos a pequeña escala

Los diseños de Permacultura deben orientarse hacia un impacto mínimo en el suelo, para ello se recomienda el uso de herramientas de mano en sitios pequeños densamente cultivados. Involucrando siempre, cierta cantidad de trabajo humano (con amigos, vecinos y parientes).

La clave para desarrollar *sistemas intensivos a pequeña escala* es diseñarlos como parte de un plan más complejo. La estrategia consiste en desarrollar completamente un núcleo y sólo entonces pasar al siguiente *(Fig.3.33)*.

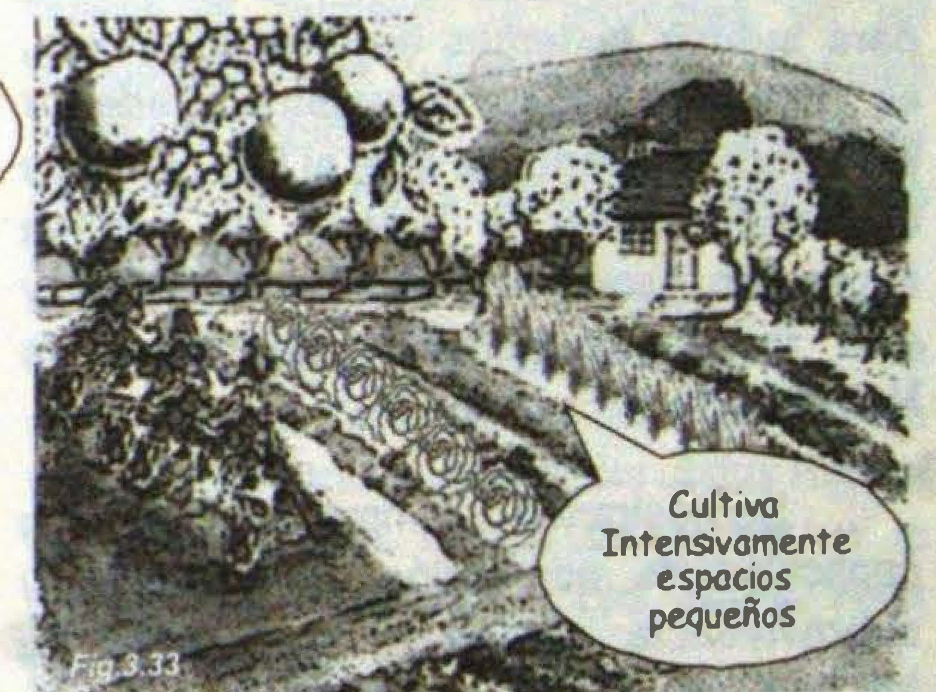


Fig. 3.33

En la práctica: estos diseños incluyen plantas perennes, el área se acolcha totalmente, se introducen recursos biológicos y se utilizan de tecnologías alternativas que generan y ahorran energía. El uso de maquinaria en estas áreas es posible, pero muy reducido. La mayor parte del área de cultivo se trabaja en su totalidad y eficientemente, además de mantenerse bajo control total.

Es fácil conservar y cuidar un sitio pequeño, sin embargo en sitios de gran tamaño, también es fácil cometer errores al buscar extenderse muy rápido.

Si quieres aprender a controlar tu sitio empieza justo afuera de la puerta de casa. Si no puedes mantener o mejorar la vegetación existente mejor no la toques, así minimizas el daño y se preserva la complejidad natural. Es mejor plantar diez árboles y cuidarlos bien, que sembrar cien y perderlos por negligencia o falta de tiempo para cuidarlos.

Trabajar con la Naturaleza

Todo ser está mejor vivo que muerto, tanto los hombres como los alces y los pinos. Quien sea capaz de comprenderlo preferirá preservar la vida antes que destruirla.

Henry David Thoreau.

Para ir más allá de la sustentabilidad, para inducir sistemas autoregenerativos, es necesario voltear a nuestro alrededor para darnos cuenta de que, si hay algo que ha sabido llevar la Vida a su máxima expresión, haciéndolo a través del tiempo y con mucho éxito, es justamente la Naturaleza.

Demostrando siempre su inmensa capacidad de adaptación, regeneración y sobrevivencia, podemos aprovechar su infinita experiencia y replicar sus métodos en los sistemas que inducimos en nuestros diseños.

Para su inexorable regeneración, la Naturaleza utiliza tres estrategias principales:

Diversidad.

Bordes-patrones.

Sucesión natural-acolches.



Usar y Valorar la Diversidad

No pongas todos los huevos en la misma canasta

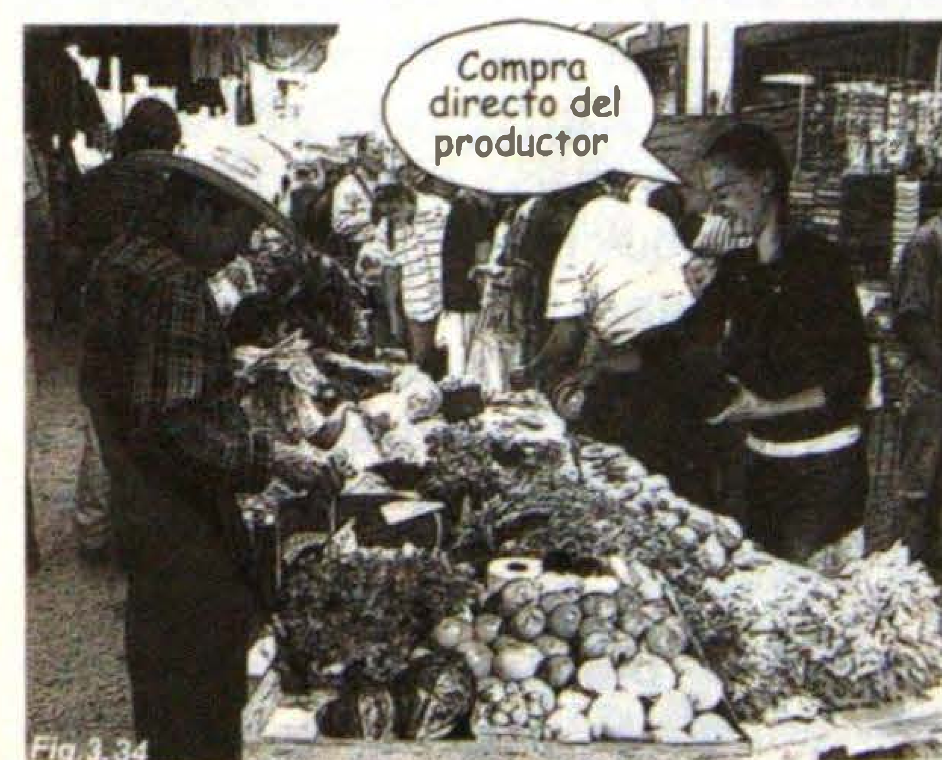
Se ha escrito *Diversidad*, pues aunque en la naturaleza el principio se refiere a *Biodiversidad*, en el estudio de la Permacultura la connotación *Bio* restringiría la aplicación de este concepto al uso exclusivo de elementos vivos, mientras que el término ***Diversidad*** es un concepto que aporta muchas más posibilidades de sobrevivencia y adaptación al cambio si se entiende bajo diferentes puntos de vista:

En el individuo. Cada individuo puede poseer (y aumentar) la cantidad de sus conocimientos, y con ello incrementar sus posibilidades de salir adelante en tiempos difíciles. Por ejemplo, si Juan sabe cultivar la tierra, sabe algo de mecánica, arregla su propia camioneta, también conoce cómo captar y almacenar agua, y además tiene nociones de construcción lo que en suma, hace que tenga una diversidad de habilidades, mientras que en el caso de Diego que es gerente de un banco y de lo único que entiende es de cuentas y números, hace que Juan (aunque aparentemente no tiene tanto *estatus* como Diego) tenga en realidad muchas más posibilidades de salir adelante en cualquier situación.

En la sociedad. La riqueza de una sociedad está en función de la riqueza y diversidad en el pensamiento de quienes la conforman. El concepto de gremios se encuentra operando a cada momento en la forma como los diversos grupos de individuos

se relacionan entre sí, por ejemplo: está el gremio de los académicos, de los intelectuales, de los futbolistas, de los taxistas, de los cocineros, etc. En términos de sustentabilidad, están surgiendo cada vez más grupos de personas unidas para trabajar con un Sentido de Respeto a su medio ambiente y quienes los rodean, personas que entienden que el Bienestar de la Población depende del Manejo Responsable de sus Recursos Naturales. El entendimiento y aplicación de este principio nos permite identificar nuestras fortalezas y debilidades para encontrar personas que nos complementen, con lo que potencializamos nuestras probabilidades de manera efectiva.

Cada grupo de individuos se asocia (agremia) y convive con personas afines para beneficiarse mutuamente y disfrutar de aquello que les interesa. Una de las mejores asociaciones que se pueden establecer es la relación directa entre un campesino productor y aquellas personas que desean consumir los alimentos que produce sin recurrir a un intermediario, además de reducir los costos, ambas personas entablan una relación de amistad y confianza mutua *(Fig.3.34)*.



En los pueblos. Es fácil entender que una población en la que sus habitantes tengan una mayor diversidad de oficios, se verá beneficiada por las diversas habilidades que cada persona puede aportar.

De aquí la importancia de contar con amplio espectro de personas como campesinos, mecánicos, herreros, carpinteros, plomeros, electricistas, albañiles y demás oficios, así como una buena diversidad de profesionistas como ingenieros, arquitectos, médicos, etcétera, que mantengan todo el abanico de servicios y producción de bienes necesarios para el bienestar de la población.

En la Naturaleza. La variedad de especies animales y vegetales que integran un ecosistema determina la riqueza de su biodiversidad y su Productividad. Los bosques, selvas, sabanas y hasta los desiertos son pruebas fehacientes de cómo la Biodiversidad ha asegurado la sobrevivencia de las especies durante millones de años. Ahí, todos los seres vivos forman parte de un proceso de *Selección Natural* donde los más fuertes y saludables reproducen la especie, mientras que los débiles o enfermos, son presa y alimento de sus predadores. Entre mayor el número de especies en un ecosistema, más estrictos son los controles entre sus habitantes, y se realiza una mejor selección de especies más fuertes (animales o vegetales).

En los minerales del suelo. La diversidad de minerales en las tierras es de capital importancia, ya lo decía *Julius Hensel* (el padre de la Harina de Rocas y la **Trofobiosis Molecular)** *"Los seres vivos somos minerales animados"*.

Las rocas son agregados naturales compuestos de uno o más minerales, cristalinos o amorfos, que presentan características homogéneas y constituyen sobre la Tierra cuerpos geológicamente independientes.

Las rocas se dividen, según su modo de formación, en tres grupos: ígneas o magmáticas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas o magmáticas son el producto final de la consolidación de un magma, masa fundida de composición principalmente silícea, formada en las profundidades terrestres por la fusión de las masas sólidas preexistentes y la cual es rica en elementos minerales. *Las rocas sedimentarias*, que componen las tres cuartas partes de la superficie emergida, son producto de la transformación de rocas preexistentes, debido a la actuación de la gravedad, de los agentes atmosféricos y de la actividad de algunos organismos vivos, siendo las más pobres en diversidad minerales. *Las rocas metamórficas* son producto de enormes presiones y/o de las reacciones químicas y físicas en estado sólido mediante las cuales todo tipo de rocas se adecua a un nuevo ambiente. Noventa y cinco por ciento de la corteza terrestre está compuesta por rocas ígneas (eruptivas y efusivas) y rocas metamórficas. y cinco por ciento por rocas sedimentarias.



Fig.3.35

De lo anterior se concluye que los suelos basálticos (de origen ígneo) son idóneos para la agricultura, la diversidad mineral del basalto se puede agregar a suelos pobres con la simple aplicación de 3-4 ton/hectárea de polvo de rocas basáltica molida tan fina como harina para pan. La agricultura es una expresión de la geología y del clima donde se la practica y la salud de una planta está determinada por su equilibrio nutricional.

Los Principios de la ciencia de la **Trofoblosis** (la vida a través de la nutrición) establecen que *"un mayor o menor ataque a las plantas por los insectos y microorganismos, depende de su estado nutricional"*. "Es realmente una cosa maravillosa la facultad que los insectos tienen para distinguir un árbol o una planta que no está en condiciones de equilibrio nutricional". Los venenos y fertilizantes químicos provocan modificaciones en el metabolismo de las plantas llevándolas a un enriquecimiento de sus líquidos celulares o circulantes, en azúcares solubles y aminoácidos libres (energía libre disponible a insectos). Cuando los insectos perciben exceso de alimentos modifican su comportamiento: **1.** aumenta su capacidad de fertilidad y de fecundidad, **2.** adquieren mayor longevidad, **3.** aumenta su velocidad de desarrollo, **4.** su ciclo reproductor se acelera, **5.** aumenta el número de posturas de larvas, **6.** su velocidad de desarrollo es mayor y **7.** la relación de hembras-macho es mayor.

Primero se sana el suelo, luego se sana la planta, se tiene ambiente sano, se tiene alimento sano y sólo así no hay ataques. La diversidad vegetal está intimamente ligada a la estabilidad, y sólo ocurre cuando especies cooperativas se relacionan unas con otras o con especies que no se perjudican entre sí (alelopatía), ésta es la *diversidad vegetal*. Las plantas se asocian en *Gremios* que incluyen diversas especies vegetales cohabitando juntas para protegerse y beneficiarse mutuamente.

En la práctica: *El concepto de Biodiversidad* se aplica en la agricultura integrando la máxima diversidad posible de plantas y pequeños animales, de acuerdo al espacio. La diversidad de plantas debe incluir, tanto especies cultivadas como silvestres (nativas del sitio).

En un sistema inducido, la diversidad de animales se logra con la implementación de hábitats en los que se puedan permanentemente establecer, desde aves y mariposas hasta peces, ranas, lagartijas, arañas, etc. Estos hábitats pueden albergar insectos benéficos (trozos de madera agujereados con brocas de diferentes diámetros), un pequeño estanque de agua, un muro (o montón) de piedras, un seto denso (de cualquier otra planta que sea vigorosa y resistente al invierno como la zarzamora y el granjeno), un prado de flores silvestres y hasta nidos para pájaros hechos con guajes o tablitas *(Fig.3.36)*.



Fig.3.36

Por otro lado, *El Concepto de Gremios* aplicado a la hortaliza facilita la reproducción y protección de nuestros cultivos. No basta con ubicar tantos animales y plantas como sea posible, puesto que ellos compiten por luz, agua y nutrientes. Lo que se busca es implementar un *Gremio* de elementos (plantas animales o estructuras) que trabajen juntos armoniosamente *(Fig.3.37.)*.

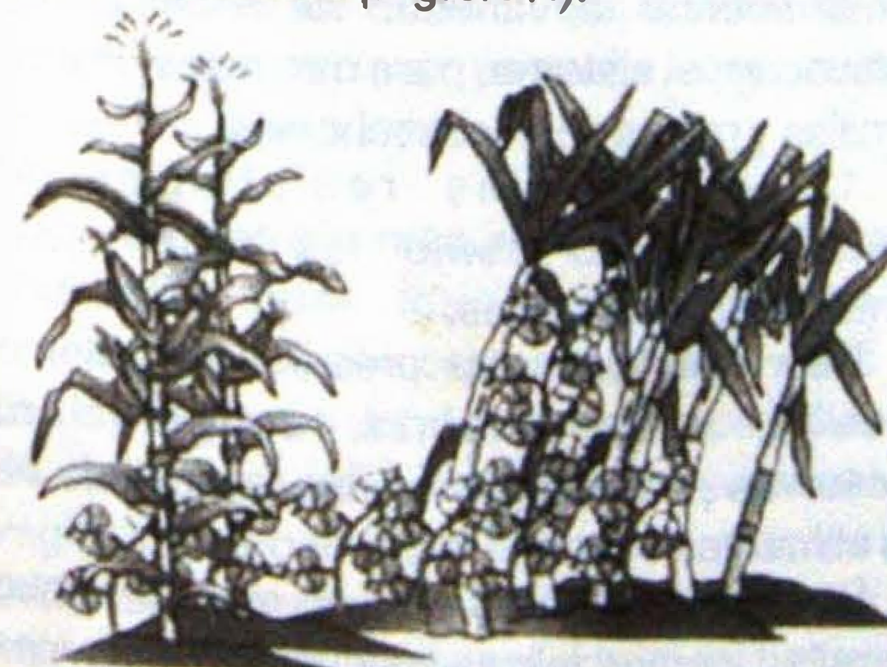


Fig.3.37 Rechazo alelopático entre plantas

Esta asociación cercana de especies debe funcionar en relación a cada elemento para facilitar su manejo y contribuir a su propio beneficio o amortiguar los efectos medio ambientales adversos de la región. Estos son ejemplos de estas asociaciones y sus efectos: **1.** Reduciendo la competencia radicular de las hierbas invasoras (consuelda) **2.** Proveyendo protección física contra las heladas, quemaduras del sol o efectos el viento (sequedad) por ejemplo barrera rompevientos arbórea **3.** Abasteciendo de nutrientes en forma de leguminosas, arbustos o árboles. **4.** La asistencia en el control de plagas, ya sea que se siembren plantas con disuasivos químicos (consuelda) o plantas que den hospedaje a predadores (eneldo, zanahoria, hinojo, de la familia *umbelífera*). **5.** Y con el uso de animales forrajeros (gallina) que limpian el lugar de frutos caídos evitando así la propagación de enfermedades.

Además las asociaciones de plantas repercuten directamente sobre el comportamiento de las plagas, algunos casos son, **Planta insectaria:** es la que hospeda insectos que devoran las plagas de los cultivos. **Planta de sacrificio:** es una planta alternativa que las plagas encuentran más atractiva que el cultivo. **Plantas hospedadoras:** son las preferidas por las plagas para invernar hasta la siguiente estación. **Cultivos trampa:** son plantas que atraen a las plagas para poderles atrapar o destruir. Todas estas funciones son vitales y cumplidas por árboles, arbustos, maleza y flores, teniendo cuidado de escoger las especies adecuadas para que el control de plagas sea efectivo.

En una situación de monocultivos el alimento para las plagas está concentrado. En un sistema de policultivos, las plagas son en sí una concentración de alimento para los predadores.

Para implementar este principio se siembran plantas que: **a)** son resistentes, protegen y aportan sombra (nativas y trepadoras), **b)** otras que fijan nitrógeno de la atmósfera (leguminosas) y lo depositan en sus raíces, **c)** otras tienen aromas (especias) que repelen insectos dañinos, **d)** otras (flores) atraen polinizadores que facilitan la reproducción de más plantas, **e)** otras producen materia orgánica en abundancia (limoncillo) y **f)** otras reciclan nutrientes del subsuelo (consuelda). De esta manera, a mayor diversidad de especies incluidas en un *Gremio*, mayor será la productividad que obtendremos del mismo, siempre que las especies integrantes tengan una relación adecuada entre ellas.

Bill Mollison observaba en Sudamérica cómo había plantaciones agrupadas aquí y allá, frutales, limones, mangos y aguacates con arbustos de café protegidos bajo su sombra. También plantaciones de plátanos, maíz y frijoles por todos lados, entre los carrizos se ven calabazas y chayotes compitiendo por luz y agua. Las cucurbitáceas trepan por las cercas, postes y aleros de las casas y en medio de todo esto resaltan flores y maleza de todo tipo, dalia, romero, albahaca, rosas trepadoras, helechos, etc. A los ojos de cualquiera, algo así puede parecer desordenado y sin arreglo: sin embargo no debemos confundir orden con arreglo. El "arreglo" separa las especies y crea trabajo, como los jardines europeos tan extraordinariamente arreglados dando como resultado un desorden funcional y de alto mantenimiento. Mientras que el "desorden" integra, reduce el trabajo y desalienta plagas.

El sistema monocultural aporta un mayor rendimiento en los cultivos, los sistemas policulturales de permacultura aportan una cantidad menor en cada cultivo en particular, pero una *mayor suma de rendimientos* por ser un sistema mixto.

En los monocultivos se cosecha un sólo tipo de vegetal al año. En el sistema de asociación *(Fig.3.38.)*, los vegetales son parte del rendimiento total de fruta, nueces, aceite,



Fig.3.38

madera, aves de corral, peces, huevos, semillas y proteína animal. Económicamente este sistema amortigua el "sube y baja" del precio en el mercado y las pérdidas de cosecha por plagas o mal clima. Nuestro trabajo es repartir el rendimiento de las especies introducidas a través del tiempo, de manera que se tengan cosechas durante todas las estaciones del año.

En la práctica, algunas estrategias de Permacultura para lograr esto son:

1. Seleccionar vegetales de temporada con variedades tempranas, medias y tardías.
2. Plantar la misma variedad en etapas de maduración temprana y tardía.
3. Incrementar la variedad de especies de multiuso en el sistema, para que hojas, frutos, semillas y raíces sean cosechables.
4. Usar especies resistentes al almacenamiento como los tubérculos, semillas duras y nueces.
5. Usar técnicas de preservación como secado, enterramiento, congelación, conservas para alargar la vida comestible de los alimentos.
6. Buscar "ventanas" en el mercado que permitan comercializar productos regionales a "destiempo" de otras regiones.



Usar los Bordes Valorar lo marginal

Implementar Patrones

Así como las células están recubiertas de una finísima membrana viva a través de la cual interactúan con el medio que les rodea, la delgada capa que cubre la superficie de la tierra (10 millones de veces más delgada que su diámetro) es donde se desarrolla literalmente toda la vida del planeta (fuera del agua), ahi en la frontera, en el limite, en el borde entre el aire y la tierra, es ahi donde florece la Vida.

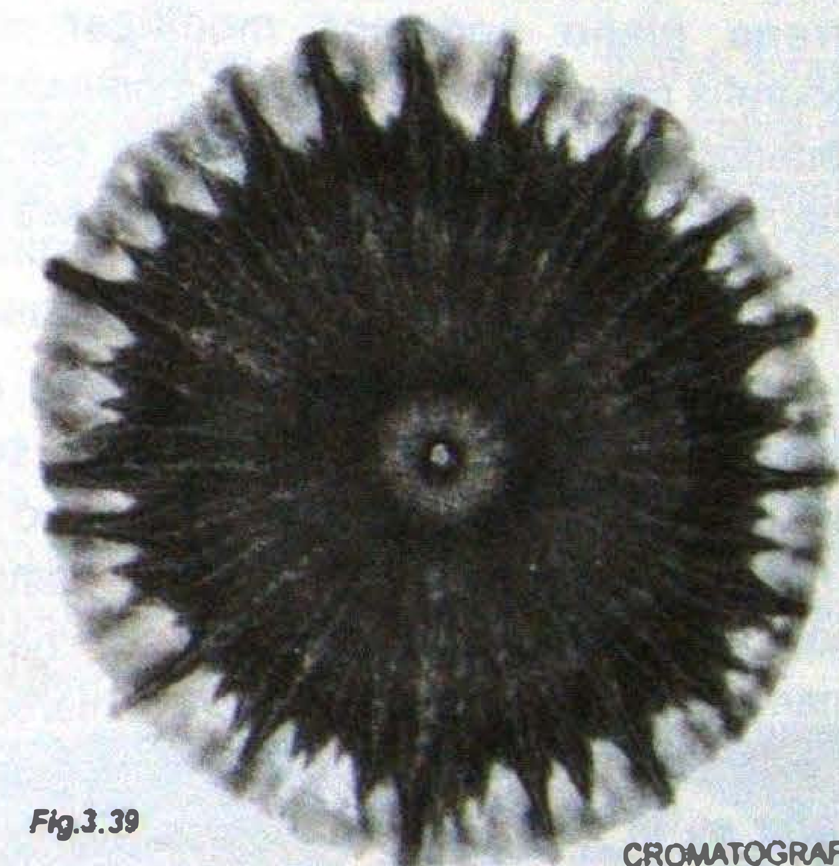
Los Bordes son sitios donde coinciden y se unen dos ecosistemas diferentes, en estos sitios de Ecología Combinada, la productividad es mucho mayor que en el interior de los ecosistemas colindantes debido a que las especies de ambos medios se combinan y a su vez forman un tercer medio que frecuentemente cuenta con sus propias especies.

Al observar la configuración de nuestro cerebro y nuestro intestino, vemos que hay varios metros de material empacados dentro de un espacio muy pequeño, con mucho borde y función posible.

El ejemplo más importante de *Bordes Naturales* para los seres humanos y organismos aeróbicos, es el límite entre la tierra y el aire, en donde cohabitamos millones de seres con miles de especies animales y vegetales; otro ejemplo serían los arrecifes de coral (la frontera entre el océano y la playa) y los manglares (el límite entre la tierra y el mar) son los sistemas más productivos.

Esta actividad de la naturaleza se pone de manifiesto aún en las carreteras asfaltadas, en cuyos bordes crecen plantas como si estuvieran en las mejores tierras abonadas.

Por el otro lado, la presencia de la vida, forma de manera natural más bordes; esto fue constatado por el equipo de investigación científica del COAS durante la "corrida" de cromatogramas en los que, inicialmente, se analizó harina de rocas pura y posteriormente se le inoculó con cierta cantidad de microorganismos, los cuales empezaron a manifestarse en distintas formas, tamaños y colores a lo largo de los días en cada nuevo cromatograma; más bordes = más vida y viceversa; más vida = más bordes.


Fig.3.39 CROMATOGRAFIA

La mayoría de los asentamientos humanos tradicionales y sostenibles están situados en áreas de colindancia entre dos ecologías naturales. Por ejemplo: *el segundo borde más importante son las costas (unión entre el mar y la tierra) donde vive el 70% de los humanos y el 90% de las especies marinas.* Otros ejemplos de bordes son: la membrana que rodea una célula; el área entre la base de las montañas y las planicies; la zona colindante entre el bosque y los llanos, los suburbios que rodean una ciudad, etc.

De hecho, entre más grande sea el área del borde, más productivo será. Todos los asentamientos planificados que han tenido éxito han sido cuidadosos de los recursos naturales que obtienen de los medio ambientes en los que están enclavados. Aquéllos que desaparecen, es debido al abuso o negligencia en la utilización de sus recursos.

En Permacultura aprendemos a ubicar nuestra casa y asentamientos de manera que obtengamos ventajas de los dos o más ecosistemas, también podemos aumentar la complejidad de nuestras propiedades por el diseño y creación de nuestros propios ecosistemas variados. Si no hay agua cerca, hacemos presas y estanques. Si vivimos en un terreno plano podemos modificar su topografía con máquinas creando montículos alrededor. Si no tenemos un bosque cerca podemos plantar el nuestro, aunque que sea a pequeña escala.

Los *bordes* actúan como una red o colador. Las energías o materiales se acumulan en los bordes, por ejemplo el polvo y las hojas son empujadas por el viento hasta quedar atrapadas en una cerca, las conchas forman una línea al ser arrojadas por la marea a la playa. Notando cómo los bordes atraen materia en la naturaleza, podemos diseñar aprovechando el flujo natural de los materiales y las energías que se dan en nuestro sistema.

En la práctica, *a menor escala, con la simple definición de los bordes alrededor de* nuestra hortaliza *podemos empezar a controlarla*, estableciendo los límites y sembrando plantas de barrera evitamos que la maleza y animales del exterior la invadan. Al delimitar cierta área con cualquier tipo de cerca se eleva la productividad, pues nos permite ejercer un control más estricto de lo que ahí sucede.

Otro ejemplo, en tierras desérticas (donde el *acolche* es escaso) justo en los arroyos secos, podemos construir "*trampas de acolche*" colocando palos y piedras en sus enclaves para retener el limo y la vegetación durante las crecientes.

Los *bordes* definen áreas y las convierten en secciones manejables, la terraza, la casa, la línea de rompevientos, etc. Cualquier cosa que define un área, se convierte en un *borde. A mayor escala*, el hecho de implementar un canal (borde en el suelo a nivel superficial) de infiltración a lo largo de una curva a nivel, y demarcando así un área de recarga pluvial, se tiene un impacto directo en la cantidad de agua que se infiltra y almacena en el subsuelo, lo cual a su vez redunda en mayor crecimiento radicular de las plantas.

Los Patrones de la naturaleza se estudian en Permacultura para diseñar colindancias con mayor productividad. Una vez captada la idea de los bordes y su función, es importante captar su geometría, forma o patrón. *Los patrones naturales* se aprecian no sólo en las variaciones cíclicas del día y la noche, las estaciones y los cambios en la marea, también existen *patrones físicos* como la espiral y el círculo.

Estos *patrones* se manifiestan en la naturaleza de diversas formas y a todas las escalas, por ejemplo el *patrón espiral* se aprecia desde la forma del ADN, el diseño de los caracoles, el movimiento del aire y el agua, en los huracanes hasta en las galaxias y nebulosas. Los *patrones naturales* maximizan el flujo energético optimizando ya sea el movimiento o el espacio. Al diseñar ecosistemas implementando los diversos *patrones* que la naturaleza utiliza, se mejora la eficiencia de los procesos que implementamos en nuestros huertos y hortalizas.

En la práctica: algunas formas de implementar los conceptos de *Bordes y Patrones* en la hortaliza son los:

Patrones verticales. Como las montañas, que nos recuerdan que nuestro espacio es tridimensional, y que así como podemos crear bordes en el plano horizontal también lo podemos hacer verticalmente, por ejemplo: instalando algunos palos en forma de Tipi para crecer plantas en el plano vertical *(Fig.3.40)*.



Fig.3.40

Otra idea es formar relieves en un terreno plano construyendo un montículo de tierra de 3 metros de diámetro por 1 metro de altura (puede ser más pequeño o más grande según el espacio disponible), esto aumenta la superficie de colindancia entre el suelo y el aire, creando un nuevo *Borde* en el que se pueden sembrar diversas variedades de plantas con diferentes requerimientos de luz y humedad.

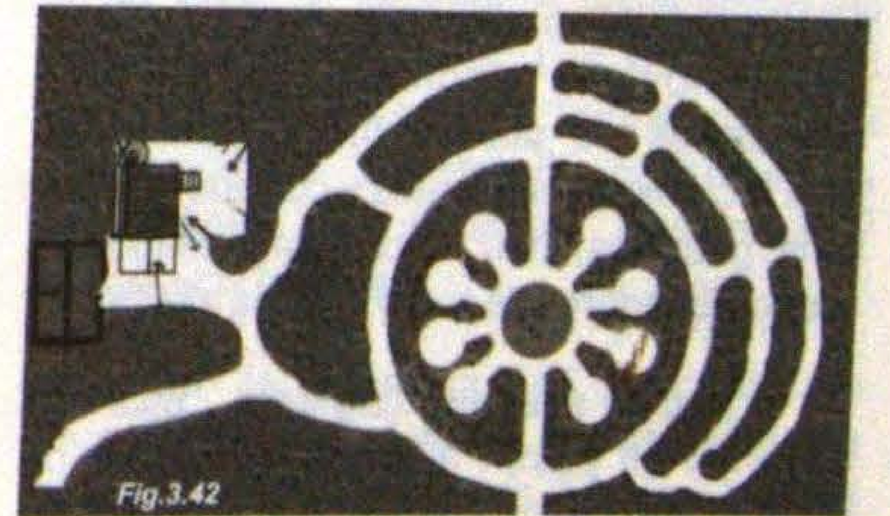
Patrón en espiral. El montículo de nuestro ejemplo puede a su vez, estar delimitado por un *patrón* en espiral hecho con piedras, ladrillos o palos. Esto sirve para evitar la erosión de la tierra. Una vez hecho el montículo se puede instalar un pequeño estanque de agua en el punto donde toca la espiral el suelo, éste capta el excedente de agua que baja del montículo *(Fig.3.41)*.

Esta formación de tierra crea un microclima en el que se siembran plantas de acuerdo a sus necesidades de sol y humedad pues permite tener los cuatro aspectos del sol (Norte, Sur, Este y Oeste), y tener diferentes condiciones de humedad en la tierra, las plantas sembradas en la parte superior son de especies con bajo requerimiento de agua, las plantas que se siembran en la parte baja del montículo son variedades que requieren mucha más agua.


Fig.3.41

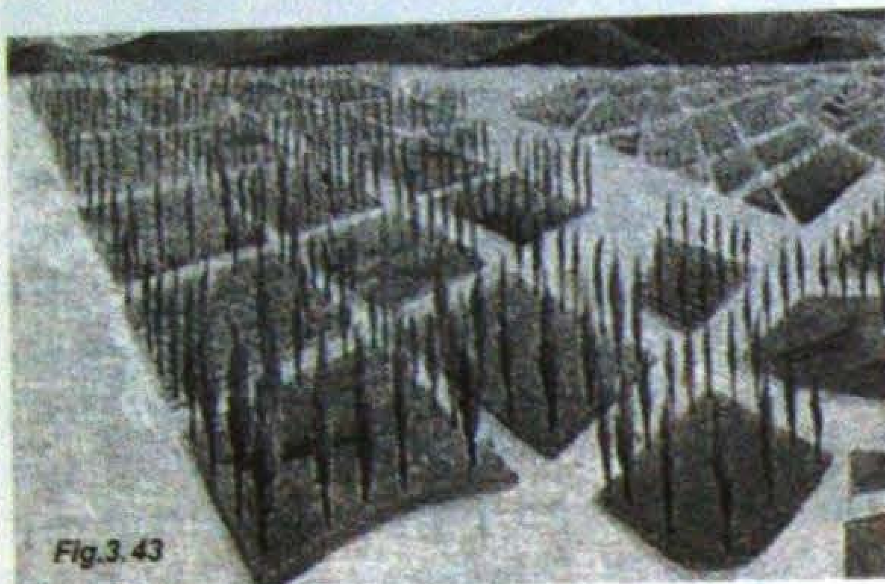
Patrón lobular. Una forma lobular proporciona mucha más área de siembra que una línea recta. En la hortaliza se implementan camas de corte diario con formas lobulares para aumentar el espacio de siembra.

Si se tiene un estanque con cultivos que se benefician del agua a su alrededor, es posible duplicar la cantidad de cultivos modificando el borde (la orilla) entre el agua y la tierra *(Fig.3.42)*.


Fig.3.42

Patrón chinampas. Este tipo de cultivo se ha utilizado en México por cientos de años y consta de un sistema de canales y montículos en los que básicamente todo es borde por lo que son altamente productivos.

Las plantas que viven en los montículos tienen acceso al agua y los peces que habitan en los canales se alimentan de la vegetación excedente de los montículos, sus excretas se acumulan en el fondo junto con material en descomposición, para después sacarlo con cubetas y usar como fertilizante en los cultivos *(Fig.3.43)*.


Fig.3.43

Patrón de cultivos. Los hay de varios tipos:

Sencillos, que son cuando asociamos dos cultivos diferentes en hilera (por ejemplo entre las lineas de vides se siembra trigo para protegerlos de los vientos, una vez que se cosechan los granos se usa la paja para acolchar las vides).

Complejos, los cuales incluyen árboles frutales, árboles para protección de vientos y producción de acolche, con hileras intercaladas de plantas (como consuelda) para reciclaje de nutrientes y cultivos anuales como girasoles, maiz, frijol, acompañados de acondicionadores de suelo como la alfalfa.

Patrón sesgado (zig-zag), este tipo de forma de patrón aumenta el número de plantas por metro cuadrado y también las hace más fuertes al viento. Las cercas en esta forma son también más resistentes al viento.

Patrón curvado (sinuoso), se dan en los caminos ondulados, en donde cada curva sirve de micro hábitat para árboles a los que se puede acolchar e irrigar muy fácilmente por encontrarse justo al lado del camino *(Fig.3.44)*.

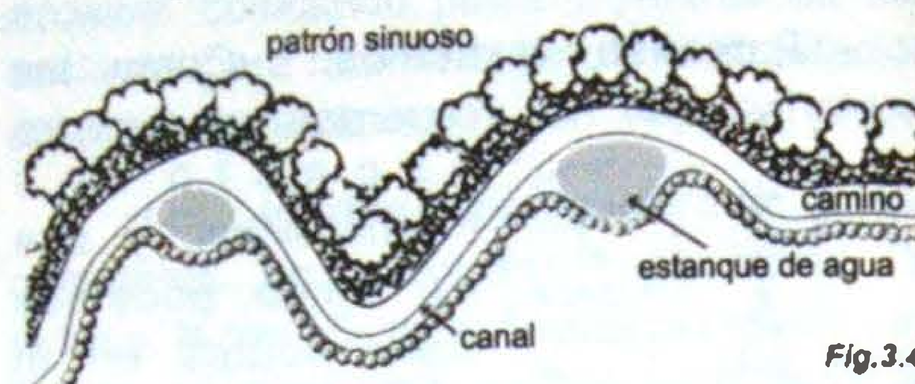


Fig.3.44

Patrón de herradura (semieliptico), es excelente para crear trampas de sol, por su forma de herradura orientada al sol del inviemo (a donde se inclina cuando hace más frio), concentra hasta 5°C grados más calor que fuera de ella, es útil tanto para protección de huertos y cultivos como de casas (Fig.3.45).

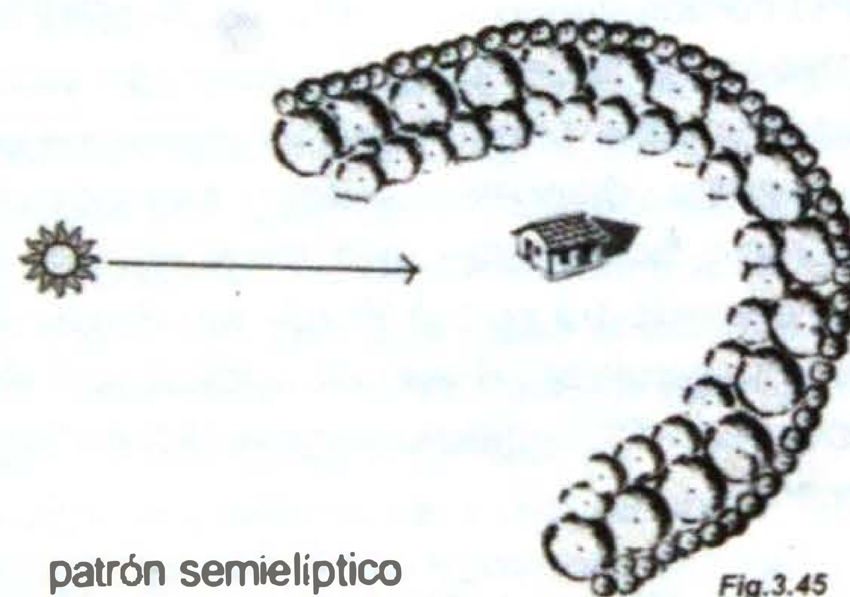
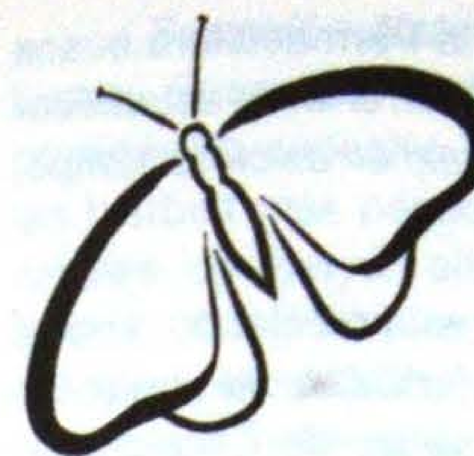


Fig.3.45

Para terminar, recordemos que cada clima, cada paisaje, cada tamaño de terreno tiene que estudiarse para entender qué tipos de bordes son los adecuados; por regla general, las áreas pequeñas (por ejemplo: huertos familiares) permiten una mayor complejidad en los bordes, mientras que en un área grande, los bordes tienen que ser simplificadospara minimizar el trabajo.

Un terreno ondulado es más productivo y se presta más para la creatividad pues tiene más borde (más área de contacto) entre su suelo y el aire que un terreno plano.



Usar y Responder creativamente al cambio

Visión es ver las cosas como van a ser, no como son

La Sucesión Natural es el proceso a través del cual la naturaleza se regenera y evoluciona, por ejemplo: la evolución de áreas desertificadas a bosques, la cual se llevaba a cabo a través de sencillas acciones como la del ave acomodando un montón de ramas y paja en cualquier agujero en la tierra para formar su nido, favoreciendo asi la humedad, para que luego los desechos de los polluelos incrementaran la fertilidad del sitio. Cuando las aves abandonan el nido, algunas semillas (pioneras) acarreadas por el viento o importadas en el excremento, germinan y prosperan gracias a las condiciones de humedad y protección que encuentran en el nido. Al crecer estas hierbas proveen abrigo y sombra para que otras semillas de arbustos y flores prosperen, las cuales a su vez aportan abrigo para que semillas de arbustos y plantas más grandes prosperen. Con el tiempo, se dan las condiciones para que las semillas de algunos árboles de regular tamaño se establezcan. Todo este conjunto permite que, al final, las semillas de los grandes árboles encuentren las condiciones de humedad, fertilidad y protección necesarias para sobrevivir y formar eventualmente un bosque.

En los ecosistemas, cada etapa crea las condiciones correctas para la siguiente etapa. Este proceso puede durar cualquier cosa entre 50 y 300 años. Cuando entendemos el procedimiento, podemos ayudar al proceso de manera impresionante y contribuir acelerando de esta manera el intento continuo de la naturaleza por mantener la tierra cubierta de árboles.

Los ecosistemas evolucionan a partir de especies rastreras *Pioneras* (resistentes a las inclemencias del tiempo) las cuales una vez establecidas, sirven de apoyo y protección a especies *Recicladoras* (plantas bajas) capaces de fijar nutrientes de la atmósfera y/o del subsuelo, los cuales son acumulados para beneficiar a las subsecuentes especies *Protectoras* (arbustos) las cuales producen más materia orgánica y mejoran la estructura del suelo; con el tiempo este conjunto de plantas favorece el crecimiento de árboles de mediana estatura los cuales, a su vez, promueven las condiciones necesarias para el establecimiento de las especies superiores *Clímax* (árboles de gran altura).

A esta sucesión de plantas se le llama **Sucesión Natural.** Su éxito está basado en la habilidad de todos sus integrantes para producir materia orgánica. Ya sea con hojas o hierbas, pues el acolchado natural previene la evaporación de agua, aumenta la actividad macro y microbiana, retiene mayor humedad en la tierra y fomenta el intercambio de nutrientes en las raices. Los suelos deben estar permanentemente cubiertos para conservar la humedad, controlar la proliferación de especies invasoras y promover la fertilidad.

En la práctica. *El concepto de Sucesión Natural* se aplica directamente a la reforestación con el fin de acelerar todo el proceso y reducir el tiempo de desarrollo de los árboles clímax. Un bosque *sembrado* con esta estrategia implica plantar todas las especies -al mismo tiempo- sin esperar a que naturalmente se den las condiciones para el establecimiento de un bosque.

Acolches. Así, la naturaleza muestra claramente que el procedimiento más indicado es *Acolchar* las hortalizas y árboles frutales (cuando se trata de conservar la humedad, mantener la maleza controlada y promover fertilidad). *El concepto de Acolches* se utiliza -al igual que la naturaleza- en todas las áreas de cultivo, ya sean hortalizas, árboles frutales o bosques. Los beneficios de esta práctica son enormes y facilitan el desarrollo sustentable de los sistemas productivos de plantas *(Fig.3.46)*. Cualquiera

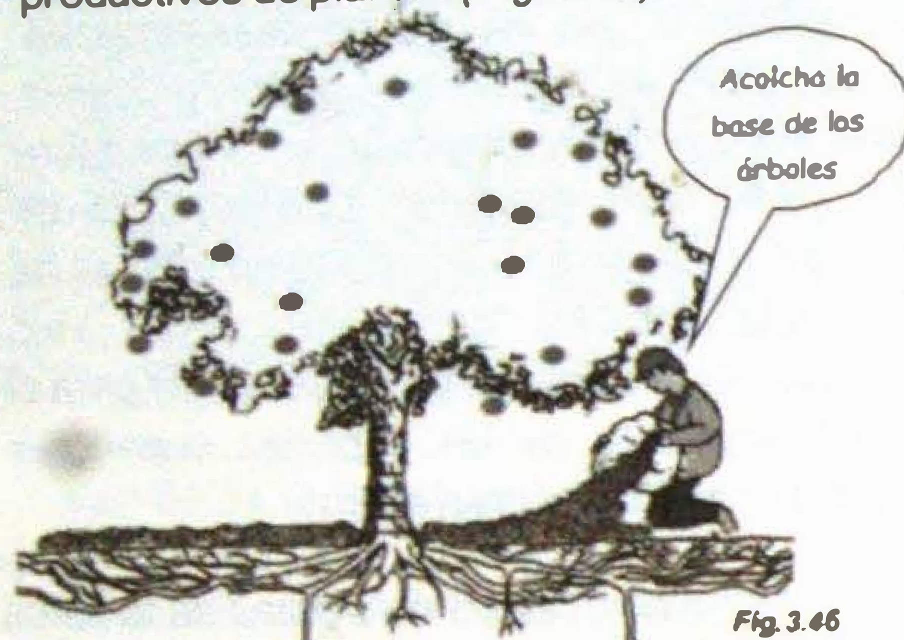


Fig. 3.46

que haya desyerbado algún pedazo de terreno sabe que al cabo de algunas semanas las yerbas regresarán para cubrirlo de nuevo.

En los bosques (y en las ciudades) los árboles dejar caer sus hojas secas cubriendo (*Acolchando*) el suelo bajo sus frondosas copas. Parecería que a la tierra no le gusta estar descubierta, procura cubrirse permanentemente con hierbas o con hojas. Este proceso natural de *Acolchado* tiene múltiples funciones vitales encaminadas a garantizar la viabilidad del ecosistema. Algunas de las más importantes son:
1) mantener la humedad en el suelo, dificultando la evaporación del agua acumulada, 2) controlar la erosión durante las tormentas y ventarrones, 3) promover la fertilidad debido a la cantidad de macro y microorganismos que pueden habitar debajo del área acolchada, 4) garantizar la *Sucesión Natural* y 5) prevenir el crecimiento de hierbas.

En la práctica: la Permacultura busca *"acelerar"* este proceso con el fin de establecer nuestras especies *"climax"* en un corto tiempo, para esto hay que:

a) Utilizar lo que ya está creciendo, lo cual sirve para fortalecer la fertilidad del suelo; las hierbas no deseadas se pueden acolchar o cortar y usarse de acolche.

b) Introducir plantas que sobreviven fácilmente en el medio ambiente en particular, la mayoría sirven para incrementar la fertilidad en el suelo y son leguminosas.

c) Aumentar deliberadamente los niveles orgánicos con el uso de acolches, cultivos de abono verde, composta y otros. Lo cual permite sembrar los árboles clímax en núcleos bien cuidados e irrigados.

d) Sustituir nuestras propias hierbas, especies pioneras y clímax, algunas de las cuales son más útiles para nosotros que las nativas. Por ejemplo la consuelda, el té de limón, abonos verdes con leguminosas, etc.

Resumen

Biodiversidad y gremios. Entre mayor sea el número de especies en un ecosistema, más estrictos son los controles entre sus habitantes, lo que promueve una selección más eficiente de las especies más fuertes. En el mundo vegetal las plantas se asocian en *Gremios* incluyendo diversas especies que se protegen y benefician mutuamente.

Bordes y patrones. Los bordes son sitios de ecología combinada donde la productividad es mayor que en el interior. En horticultura, el simple hecho de crear un borde eleva la productividad, mas aún, cuando este borde se construye de acuerdo a algún patrón natural apropiado al diseño.

Sucesión Natural y acolches. Se le llama *Sucesión Natural* al proceso de crecimiento sucesivo de plantas -a partir de las hierbas más pequeñas hasta llegar a los árboles de mayor altura- y cuyo conjunto queda integrado como un ecosistema autosostenible. Dicho proceso está basado en la habilidad de todos sus integrantes para producir materia orgánica con la cual cubren *(acolchan)* la superficie del suelo donde se encuentran. Este acolche acarrea enormes beneficios, tanto para las plantas como para la biologia bajo la tierra.

Guías de pensamiento para el Diseño Permacultural

-Pensar de arriba-hacia-abajo actuar de abajo-hacia-arriba. Al considerar un objeto es bueno retroceder un poco y mirar las conexiones y los contextos, los cuales pueden revelar nuestro objeto como una parte de sistemas más grandes. Actualmente predomina la acción de arriba-hacia-abajo de los gobiernos y las corporaciones, se necesita más participación del tipo abajo-hacia-arriba en todos los niveles, humanos y naturales.

-El paisaje es el libro de texto. Todo el conocimiento que necesitamos para crear y manejar sistemas de apoyo humanos basados en baja energía provienen del trabajo con la naturaleza. *La observación con todos los sentidos es esencial. Se requiere paciencia y persistencia.*

-Las soluciones elegantes son simples, aún más invisibles. Los sistemas realmente efectivos funcionan tan bien que ni se notan, por ejemplo: los servicios de purificación del aire y del agua y la rehabilitación de la tierra.

-Lo bueno no se nota.

-Haz intervenciones lo más pequeño posible. Deja las áreas silvestres imperturbadas. No mates las hierbas con herbicidas tóxicos.

-Evita demasiado de lo bueno. El azúcar, los productos lácteos (crema, mantequilla, etc) y la carne son muy sabrosas, pero comer demasiado de ellas acarrea problemas de salud. Demasiados herbicidas o insecticidas crean resistencia en las plantas o insectos y desequilibrio en el sistema a igual que el consumo de azúcar en el cuerpo.

-Fallar es útil siempre y cuando aprendamos. Planear y diseñar procesos implica constantes ajustes en respuesta a la experiencia. Conduce pequeñas pruebas y piensa en todas las posibles causas ya sea que hayas tenido éxito o fracaso.

-Trabaja en y con la naturaleza, y no en su contra.

-Reconoce y rompe con los diseños prefabricados.



Permacultura y Diagnóstico Agroecológico

Si bien el Diseño con Permacultura sirve para planear y desarrollar casas, granjas, fincas y hasta pueblos enteros a partir de cero, también se puede utilizar para rediseñar o reorganizar estructuras y procesos existentes, es aquí donde la Permacultura se funde con el Diagnóstico Agroecológico, el cual es un proceso constante de pensamientos y percepciones de campesinos y técnicos, capaces de determinar y de proponer soluciones prácticas y heterogéneas, con mucha creatividad e innovación a cada situación puntual o global, que se estudia directamente en el campo o en las parcelas.

Cuando se realiza un **Diagnóstico Agroecológico** con el fin de re-diseñar cualquier propiedad, unidad productiva o granja en zonas rurales, lo más importante (al igual que en los diseños a partir de cero) es tomar en cuenta el aspecto social.

Jairo Restrepo señala que es necesario **ganarse la confianza del campesino,** para lo cual, al acudir al sitio recomienda:

1. ***No llevar nada.*** Sin antes escuchar a los campesinos y conocer sus experiencias, es más lo que hay por redescubrir y aprender de la parcela, que lo que hay que recomendar.
2. ***Aprender a escuchar*** la historia que cada campesino tiene para contarnos.
3. ***Aprender a observar*** desde la parcela con los campesinos.
4. ***Aprender a reconocer*** lo que los campesinos han logrado a partir de sus prácticas – legitimar lo existente.
5. ***Descubrir en las parcelas ALGO*** que puede ser mejorado *"Es mejor viejo por conocido, que nuevo por conocer".*

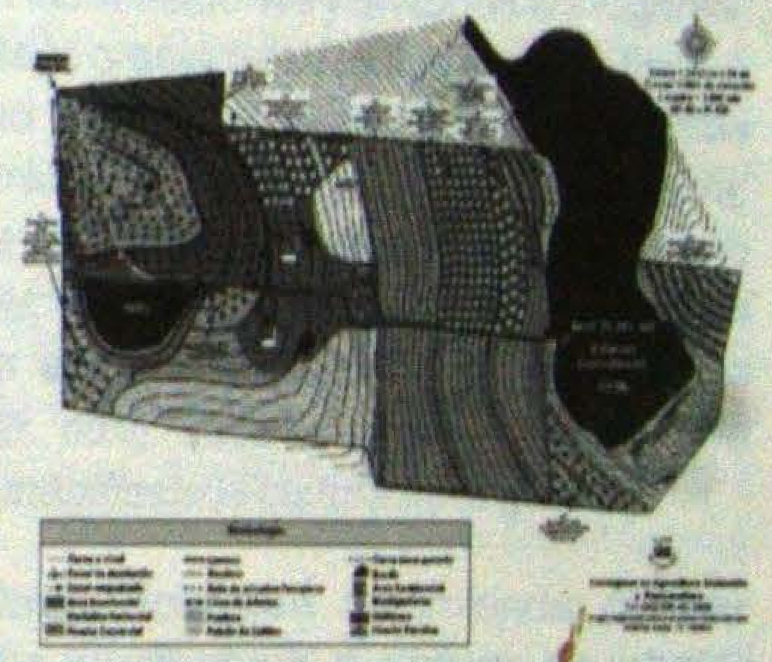
Este ***ALGO*** debe caracterizarse por:

- ***Ser fácil.***
- ***No exigir inversiones económicas externas*** (inicialmente).
- ***No competir con los tiempos y la planificación de los campesinos.***
- ***Ser evidente.***
  Los resultados deben ser palpables (*"los campesinos escuchan por los ojos"*).
- ***Ser rentable.***

Finalmente, todo esfuerzo, fuera de representar una mejora de ingresos económicos, debe estar ***acompañado de la autoestima campesina.*** Se tiene la idea de que en Permacultura como en la Agricultura Orgánica Campesina se está en contra de la tecnología, sin embargo, no es la negación de la tecnología, lo importante es tener claro ***quién decide sobre la tecnología.*** El campesino o productor, debe ser quien posea y se apropie de la tecnología, la conozca, maneje, modifique y comparta. Por ejemplo: implementos agrícolas, abonos verdes, biofertilizantes y compostas no son otra cosa que elementos tecnológicos en manos de quien los utiliza.

La aplicación de los Principios de Permacultura propone soluciones creativas, tanto para nuevos proyectos, como para desarrollos, fincas, casas, granjas o unidades productivas ya en funcionamiento. En el caso de la reorganización de lugares ya construidos, se requiere de un ***Diagnóstico Agroecológico*** para determinar los aspectos más importantes a resolver, para proponer soluciones los procesos de Planeación, Análisis y Re-diseño son los mismos.

*La agricultura orgánica no es una suma arbitraria de tecnología, es mucho más, es cuando el **Ser** está en primer lugar y la tecnología está ahí para servir a la mayoría y no como elemento de lucro de unos cuantos (Jairo Restrepo Rivera).*



Capítulo IV

Diseño con Permacultura

El Diseño se define como el esfuerzo consciente e intuitivo para impartir orden con sentido.

CAPÍTULO CUATRO
Diseño con Permacultura

Logística para la aplicación del Diseño en Permacultura

Nunca dudes que un pequeño grupo de personas empeñosas puede cambiar el mundo, de hecho, es lo único que alguna vez lo consiguió. Margaret Mead.

La Permacultura se define como un Sistema de Diseño Inteligente y Creativo, cuyo enfoque es la reorganización y la integración de nuestros estilos de vida, nuestra subsistencia y uso de suelo en sintonía con las actuales realidades ecoenergéticas.

Aunque el diseño es fundamental en la naturaleza (y en los humanos, como parte de ella), la mayoría pensamos que nunca hemos diseñado nada, por lo que uno se puede preguntar ¿qué es diseñar?, puesto de manera sencilla: *diseñar es poner cada cosa ensulugar.*

El Diseño se define como el esfuerzo consciente e intuitivo para imponer orden con sentido. Un buen diseño depende de la relación libre y armoniosa entre el hombre y la naturaleza.

La humanidad ha demostrado una increíble capacidad para diseñar; diseñamos ropa, casas coches, ciudades enteras, leyes y todo en nuestras vidas. Somos expertos en *impartir orden* (basta con ver cómo funciona el tráfico en las mega ciudades para ver que somos bastante ordenados).

El problema es que perdimos el *sentido*, todo nuestro *"orden"* está provocando un caos medioambiental, social y económico sin precedentes debido a que el *sentido* va en contra de aquello que nos aporta todos nuestros bienes y servicios ambientales: la naturaleza. De aquí la importancia en comprender claramente aquellas leyes que rigen a los diseños cuyo objetivo primordial sea mantener el equilibrio entre el consumo humano de recursos naturales y su regeneración por parte de la naturaleza. Cada persona y cada terreno, tienen un contexto social, político, económico, climatológico y geográfico diferentes, de aquí que cada diseñoes totalmente particulara cada caso.

Diseñar sistemas nuevos que salen de lo común es el reto para las nuevas generaciones, es necesario reconocer y romper con los diseños prefabricados. No siempre los diseños tradicionales funcionan en todas las situaciones y en todos los lugares. No existe la granja modelo, tampoco la finca o el rancho *"ideal", lo que existen son ejemplos demostrativos de tecnología apropiada, aplicada a cada clima, terreno y propietario en particular, los cuales están actuando en un contexto social y económico muy distinto a cualquier otro; cada modelo expresa una cultura, manifiesta la cultura de la gente.*

David Holmgren recomienda ***pensar de arriba-hacia-abajo y actuar de abajo-hacia-arriba.*** Al considerar un sistema es bueno retroceder un poco y mirar las conexiones y los contextos, los cuales pueden revelar nuevos aspectos de nuestro sistema como una parte de sistemas más grandes. Actualmente predomina la acción de amba-hacia-abajo de los gobiernos y las corporaciones, se necesita más participación del tipo abajo-hacia-amba en todos los niveles, humanos y naturales. *Las soluciones elegantes son simples, es más, son invisibles.*

Los sistemas realmente efectivos funcionan tan bien que ni siquiera se notan, como por ejemplo: los servicios ambientales que provee la naturaleza (purificación de aire y agua, aunados a la rehabilitación de la tierra) son tan sutiles, que no nos percatamos de que están ocurriendo a cada instante. Recuerda que ***"lo bueno, no se nota"*, los diseños deben ser adecuados, apropiados y económicos.**

El agua y su importancia en el Diseño

Todo asentamiento humano está en función del agua. Cualquier desarrollo que pretenda ser sustentable debe considerar, en primer lugar, la disponibilidad de este recurso vital. No solamente porque su producción de alimentos va a depender de ello, sino también su propia existencia (aún cuando no se implementara ningún tipo de agricultura en el sitio).

El primer objetivo al diseñar el paisaje (la topografía) de casas ecológicas, granjas y fincas orgánicas, unidades productivas agroecológicas y desarrollos tanto urbanos como rurales **debe ser: el control y aprovechamiento óptimo del agua que fluye sobre la superficie del suelo** (ya sea lluvia, arroyos o aguas procedentes de propiedades vecinas).

La relevancia de este estudio es tal, que se considera la piedra angular en los procesos de Planeación, Análisis y Diseños con Permacultura, ya que, por sí mismo, determina la posición de la mayoría de la infraestructura y los elementos dentro de casi cualquier proyecto con pretensiones sostenibles.

Si bien este Capítulo demuestra su importancia, es en los *Capítulos VI* y *VII* que se desarrolla el tema del *Agua y el Diseño Hidrológico Keyline* de terrenos a detalle.

Logistica en el proceso de Diseño

Como se dijo, la Permacultura es un Sistema de Diseño creativo que nos permite desarrollar cualquier emplazamiento humano que busca ir más allá de la sustentabilidad.

Con el fin de ilustrar de una manera más precisa a productores, campesinos y personas interesadas en impulsar un proyecto capaz de desarrollarse en base a los recursos locales (o mejorar las condiciones actuales de sus viviendas, casas o granjas), el presente texto explora el uso de la Permacultura desde el punto de vista de desarrollos agroecológicos. Si bien cada permacultor genera su propia metodología para el Diseño, en términos generales, los proyectos se desarrollan en tres fases: Planeación, Análisis y Diseño; dentro de cada fase hay ciertas acciones lógicas a realizar.

Para facilitar la comprensión del proceso en el Diseño Permacultural, a continuación se describen brevemente los pasos más importantes a seguir durante cada una de las fases en los Diseños Agroecológicos Permaculturales.

Plan de Desarrollo

Independientemente de si se cuenta con los recursos económicos o no, se puede elaborar un Plan maestro de Desarrollo, el cual permite visualizar los pasos a seguir para desarrollar el máximo potencial de una propiedad, cualquiera que sea su vocación y donde quiera que se encuentre.

PLANEACIÓN
PASO 1. *Recabar Información*

Todo proceso de Diseño empieza con un ***Levantamiento de Información y un Diagnóstico***, para lo cual es necesario desarrollar la habilidad de *"Observar-Interactuar"* (Principio I de la Permacultura).

PLAN DE DESARROLLO	
Planeación	*1.Recabar Información* *2.Elaborar Mapa Actual de la Propiedad* *3.Elaborar Mapa de Sectores* *4.Establecer el Objetivo Principal del Proyecto.* *4a. Por orden de prioridades, establecer los objetivos específicos para lograr el Objetivo Principal.*
Análisis	*1.Calcular el Potencial de la Propiedad (en términos de Disponibilidad de Agua)* *2.Realizar el Estudio Hidrológico de las Líneas de inflexión.* *3.Estudio de Riesgos y amenazas*
Diseño	*1.Elaborar propuestas escritas por temas (Económico, Agrotecnológico, Energético, Hidrológico)* *2.Elaborar Mapa Propuesto (con curvas a nivel)* *3.Elaborar Planos (Pertinentes a diseños propuestos para estructuras y procesos)* *4.Elaborar Presupuesto* *5.Elaborar programa de trabajo* *6.Evaluar resultados, retroalimentar y corregir*

Tabla.4.1

Esta destreza nos permite revisar y evaluar todos los demás Principios hasta encontrarnos de regreso en el mismo punto de la espiral, pero en un nivel superior, *todo indefinidamente, empieza de nuevo y continúa* con la *observación cuidadosa y la bien pensada interacción.*

Un buen diseño nunca termina, es dinámico y se va a adaptando a las nuevas necesidades que surgen conforme se va realizando. Recordemos que *desarrollar el sentido de la observación* significa ser capaces de percibir todo lo que ocurre a nuestro alrededor y tener la capacidad de *interactuar* consecuentemente, en tiempo y forma, de acuerdo a nuestras observaciones y retroalimentación.
Cada elemento y cada proceso inducido, requieren de una minuciosa y persistente observación para asegurarnos de que funciona de acuerdo a lo esperado.

En el Diseño Permacultural y el Diagnóstico Agroecológico, hay dos tipos de aspectos a considerar: el Aspecto Humano y los Aspectos Físicos.

Aspecto Humano

El aspecto humano es el centro del diseño; las personas que habitan o van a habitar el sitio, determinan en gran parte el tipo de estructuras y desarrollo que se va a llevar a cabo, por lo tanto es necesario realizar una o varias entrevistas (dependiendo del tamaño del proyecto) para elaborar una detallada lista que debe incluir, por lo menos, la siguiente información:

1. Nombre del propietario y de los habitantes.
2. Nombre y domicilio de la propiedad.
3. La cantidad de personas que viven o van a vivir en el lugar.
4. Las edades, necesidades y gustos de cada persona que habita o va a habitar el lugar.
5. Las expectativas, deseos y grado de participación que esperan tener dentro de los sistemas que en el sitio se implementen.
6. Su situación económica: disponibilidad de capital, tiempo y recursos que planean invertir a corto, mediano y largo plazo, deudas, financiamientos, etc.

7. En qué proporción y en cuánto tiempo se desea recibir ingresos de los productos obtenidos del sitio en cuestión (si no se tiene experiencia en estudios de mercadotecnia es necesario contratar a un especialista).
8. En caso de contar con mano de obra externa, anotar el número de trabajadores y sus habilidades.
9. Detectar las **Fortalezas y Potencialidades**, tanto de las personas como del terreno, por ejemplo algunas ***Fortalezas*** pueden ser: experiencia del dueño, voluntad de cambio, acceso a crédito, mano de obra, extensión de la propiedad, factores ambientales favorables, producción de abonos y topografía propicia para la agricultura. Algunas ***Debilidades*** podrían ser: vías acceso en mal estado, manejo de suelos, riego, falta de transporte, nuevos mercados, manejo post cosecha y falta de Capacitación.
10. Es vital mantener una estrecha comunicación con los futuros habitantes del sitio, haciéndoles notar físicamente, tanto la ubicación, como las funciones e implicaciones que tendrá cada elemento una vez implementado.

La visión y los objetivos del proyecto se establecen en función de las potencialidades de la propiedad y su capacidad para abastecer las necesidades del propietario. Con esta información se puede proceder a establecer las metas a corto, mediano y largo plazo *(Fig.4.1)*.


Fig.4.1

Al recabar información personal, es importante evitar algunos sesgos como:

- Hablar o entrevistarse con la mayoría de las personas involucradas en el proyecto, y no solamente con el propietario o responsable por la finca (Sesgo jerárquico).
- Incluir a la mujer en la conversación, evitando que sea excluida por el hombre (Sesgo de género).
- Cumplir con los horarios previamente acordados, evitando la impuntualidad (Sesgo de la puntualidad).
- Tomar en consideración las diferentes personas que están relacionadas con la finca, evitando su exclusión (Sesgo de la heterogeneidad).
- Ampliar la participación de la gran mayoría del grupo en la entrevista, evitar el uso del tiempo en recomendaciones y opiniones propias (Sesgo del monólogo).
- Permitir en todo momento que el entrevistado responda, evitando dar uno mismo las respuestas (Sesgo de la sustitución).
- Durante la entrevista, verificar todo y no dar o creer por entendido algún tema (Sesgo de la falsa certeza).
- Al estar entrevistando, procurar moverse de sitio de vez en cuando, evitando quedarse mucho tiempo parado dialogando en un mismo lugar (Sesgo de la inmovilidad).
- Comportarse de forma sencilla y no como académico sabelotodo (Sesgo académico).
- Conducir la entrevista como una charla informal evitando infundir temor y crear desconfianza por parte del campesino (Sesgo del interrogatorio directo).
- Al llegar a la parcela es indispensable tener la suficiente claridad de lo que se quiere con la visita, evitando la confusión con preguntas y temas inapropiados (Sesgo de la desorganización).
- Tener claridad del papel que cada visitante debe asumir durante la visita de campo asignando previamente un coordinador responsable por la moderación del trabajo en grupo, evitando confusiones en los roles que cada uno debe desempeñar (Sesgo de la falta de coordinación).
- Para recabar información también se puede hablar con vecinos, con las autoridades locales, servicio meteorológico, etc.

Aspectos Fisicos

Son los aspectos que tienen que ver con el clima, el microclima, la topografía, el tipo de suelo en el terreno, el manejo del agua, las estructuras y la previsión de catástrofes entre otras cosas.

Obteniendo información de los Aspectos Fisicos

Una de las herramientas más importantes para el estudio de cualquier propiedad son los **Mapas Topográficos**, tanto de la región como de la propiedad.

Estos mapas muestran la topografía del terreno (elevaciones y depresiones) con curvas a nivel, los recursos de agua, montañas, vías de acceso, vegetación y otros aspectos que nos permiten ver y estudiar la propiedad en sí misma y en relación a su contexto bio-regional, al igual podemos conocer el flujo de las aguas, las sombras, dándonos con todo ello una idea de las fortalezas y debilidades topográficas dentro de la misma.

Los mapas, en combinación con la observación en el terreno de la vegetación existente, del comportamiento estacional, al igual que indagaciones sobre el flujo de las escorrentías durante las tormentas, los puntos cardinales y otros aspectos que nos ayudan a visualizar la ubicación de los elementos naturalmente.

Se puede decir que un buen estudio del sitio, con su correspondiente mapa, casi se diseña a sí mismo.

Observación

Es indispensable tomarse el tiempo necesario para observar y entender cómo funciona el clima en relación con la topografía del lugar antes de decidir la ubicación de cualquier cosa. Para ello se acude al sitio a diferentes horas del día y en diferentes épocas del año, se anota o graba las observaciones y toman fotografías; toda esta información, aunada a las indagaciones y los mapas se estudia, evalúa y utiliza para encontrar soluciones a las necesidades de las personas que habitan o van a habitar el espacio.

En general, hay dos tipos de información:

1. Información dentro del sitio: incluye el muestreo de la tierra, el observar y sentir diferentes aspectos del lugar, hacer mediciones de tamaño, forma, elevaciones y depresiones, conocer el tipo de subsuelo y en general cualquier dato que sirva para definir con mayor exactitud la ***zonificación***.



Fig.4.2

2. Información fuera del sitio: tiene que ver con temas como el clima (cuya información se obtiene del departamento de meteorología, geología, botánica, cartografía, Internet y otras instituciones o fuentes de información, incluyendo vecinos), la seguridad social, accesos, servicios, puntos de riesgo y demás influencias que provienen más allá de los límites de la propiedad *(Fig.4.2)* y que nos permiten elaborar un **Mapa de Sectores** más completo.

Al final de este capítulo se encuentran dos ejemplos de formatos informativos que especifican el tipo de datos que son necesarios recabar para realizar un análisis a conciencia. Para complementar se presenta una guía básica del *cómo* y *qué observar* durante nuestras primeras visitas de campo:

1. Datos relevantes del terreno y el clima: Ubicación regional y estatal, dirección, tamaño (cantidad de hectáreas), forma, tipo de suelos, su textura y calidad de biomasa, precipitación pluvial anual y máxima histórica, horas luz, temperaturas máximas y mínimas, horas frío, cantidad de heladas por año, tipos de vientos, velocidades, el esfuerzo que se requiere para subir las lomas del terreno; si hay cursos de agua, deducir la velocidad y cantidad de agua que fluye durante el temporal, averiguar los tipos de catástrofes ocurridos en la región en los últimos 100 años, etc.

2. La dirección e impacto de las principales Influencias Externas (la cual nos sirve para elaborar el **Mapa de Sectores**): **sol, viento, sonido, lluvia, caminos, servicios (agua, electricidad, teléfono, gas).** Imitando la naturaleza, al igual que las águilas hacen recorridos observando desde lo alto en busca de su presa, se recomienda buscar algún punto elevado en la región desde donde se pueda ver la propiedad dentro de su contexto geo-topográfico, esto permite observar el impacto de las diferentes influencias que confluyen a la misma.

La observación debe ser de los patrones a los detalles, usando todos los sentidos: ver, escuchar, oler, sentir, analizar, deducir, reflexionar; poner atención al movimiento del sol y las sombras, verificar de dónde vienen los ventarrones y las brisas frescas, las buenas o malas vistas, oír los ruidos producidos por los coches o carreteras cercanas; revisar el tipo de vegetación que hay fuera del terreno, si se trata de malezas, arbustos, flores, árboles y de qué variedades son. Buscar fuentes de contaminación a diferentes horas del día y en diferentes épocas del año; los olores procedentes de basureros, fábricas, ladrilleras o cualquier otra causa de contaminación del aire. Observar si existe alguna de estas fuentes contaminantes, ya sea de aire o de agua cerca o lejos de la propiedad y su ubicación en relación a la dirección del viento y arroyos; buscar si existen fuentes de contaminación electromagnética como cables de alta tensión, ya sean en la calle con transformadores o torres de alta tensión y ubicar su posición en relación al terreno y la casa. También podemos observar si existen antenas emisoras para teléfonos celulares (ondas de alta frecuencia) para determinar la distancia que hay hasta la propiedad.

3. Los Recursos Externos disponibles (fuera de la propiedad) tales como aserraderos (madera y corteza para acolchar), bancos de piedra, molino de rocas, basureros (botes, mantas y alfombras viejas, cartón, periódico), mercados (desechos de comida para lombrices), establos de vacas y caballos (estiércol para compostear), granjas avícolas (fertilizante), ingenios azucareros, bosques, manglares, arroyos, así como carpinteros, herreros, o cualquier otro recurso (ya sea persona, servicio o productor de materias primas) que puedan ser utilizados en la propiedad. También se anotan los Recursos Sociales (médicos, policía, bomberos, etc.).

Además se consideran los *recursos biológicos* (plantas, animales, insectos), los *recursos energéticos* procedentes del agua, viento, sol, madera, cosechas, etc. Dentro de este tipo de Recursos Externos también se toman en cuenta las vías de acceso, los pueblos cercanos, los mercados (en donde vender los productos) y las escuelas para los niños.

4. Los Recursos Internos disponibles (dentro de la propiedad) tales como pozo o noria con agua potable, cercas, caminos, potreros, abrevaderos, tanques de agua, reservorios (bordos o jagüeyes), rocas, piedras o ladrillos amontonados en algún rincón, arena, grava, arcilla, cartón, paja podrida, alfombras viejas, pedazos de plástico, barriles, manguera y en general, cualquier cosa que pueda ser aprovechada.

5. Los Riesgos y Amenazas. Es importante hacer un listado de todos aquellos riesgos o amenazas a las que está expuesta la propiedad. Podemos observar si hay rastro de fuego, por dónde vino y cómo se movió, si el vecino tiene la costumbre de roza–quema, observamos las ramas de los árboles y cómo han sido deformadas por los vientos y deducimos si éstos son favorables o perniciosos, buscamos rastros de animales peligrosos y sus posibles refugios. Averiguar si los vecinos utilizan plaguicidas o fertilizantes químicos y, si lo hacen, es necesario conocer la dirección del viento, de la pendiente y de la ubicación de las fuentes de agua, para asegurarse de que su influencia no contamine el suelo o las aguas dentro de la propiedad. Averiguar el nivel de seguridad en la zona nos permite saber qué tipo de protección se requiere alrededor de la propiedad. Es importante revisar si existen áreas con riesgo de inundación, deslaves, terremotos, huracanes, tornados, etc.

6. Los Problemas Potenciales en el terreno. Al caminar dentro de la propiedad se buscan los sitios donde existan tierra pantanosa, barrancos y rocas sueltas, suelos compactados, exceso de abonos químicos o venenos en el suelo, plantas nocivas, etc. Estas áreas pueden ser usadas para el desarrollo de vida silvestre. Cosas que pueden parecer problemáticas pueden convertirse en benéficas, por ejemplo: la tierra pantanosa indica drenaje natural de agua, aquí podemos excavar para tener agua. Las hierbas de cualquier tipo son indicadores de ciertas condiciones en el suelo, es importante averiguar lo que nos quieren decir.

PLANEACIÓN
PASO 2. ***Elaborar el Mapa Actual***

Para empezar, es indispensable contar con dos mapas de la propiedad: uno, en el contexto geográfico y topográfico de su cuenca hidrológica, y otro con las curvas a nivel del terreno motivo del proyecto.

Del primero se puede deducir el tamaño del área de captación existente fuera de los límites de la propiedad y que puede ser aprovechada. Esta información, aunada al dato de la precipitación pluvial, nos muestra la cantidad de agua que circula por el terreno (tanto por escorrentías externas como por la que cae sobre el mismo).

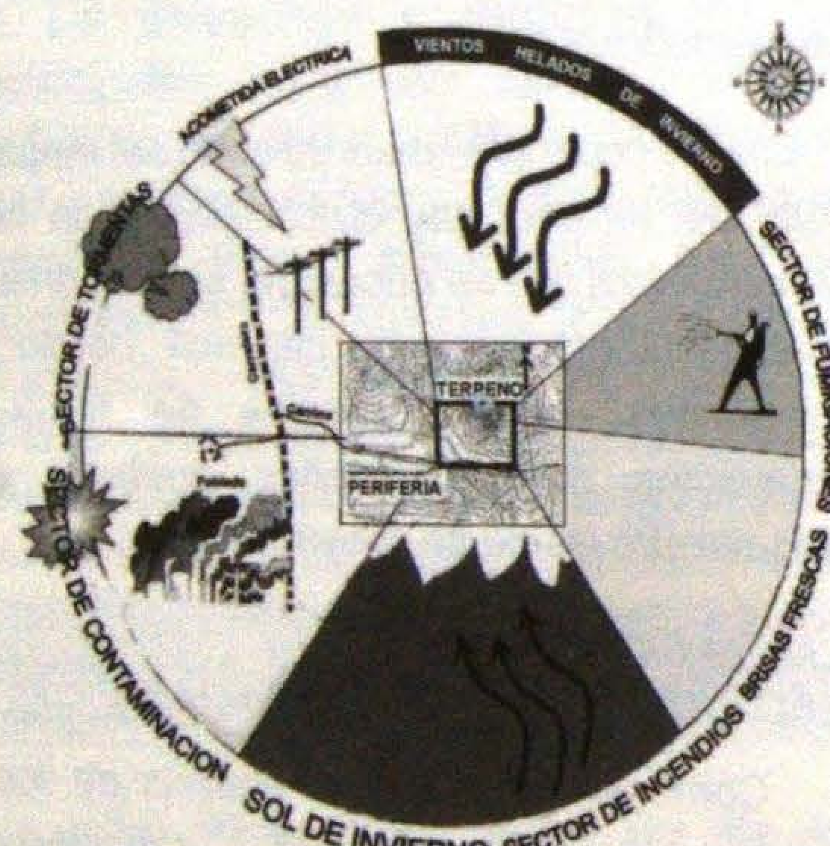
En una copia (60 cms x 90 cms) del mapa actual del terreno, hay que marcar toda la infraestructura que se encuentra actualmente instalada (construcciones, caminos, cercas, reservorios, pozo, tanques de agua, manantiales, zonas arboladas, praderas y cualquier otro elemento relevante).

PLANEACIÓN
PASO 3. ***Elaborar el Mapa de Sectores***

Como se ha dicho, *el análisis de los sectores sirve para estudiar y considerar adecuadamente los elementos externos que fluyen desde "afuera" hacia nuestro sistema (aire, sol, fuego y agua, inundaciones, etc.).* Para ello elaboramos un ***Mapa de Sectores*** en el que se muestra la influencia de todos los elementos externos confluyendo a una propiedad en particular.

En un pliego de papel (60 cms x 90 cms) se dibuja un circulo de 50 cms de diámetro, al centro se ubica un mapa del terreno (reducido a un recuadro de aproximadamente 15 cms) orientando el norte al extremo superior del pliego (independientemente de cómo queden alineados los limites del terreno en el papel).

A continuación, se vacía en este mapa, la información correspondiente a las influencias externas recabada durante la visita; haciendo esto a manera de ilustraciones que muestren muy gráficamente su confluencia al centro del círculo, ubicándolos según el punto cardinal de su procedencia. En este mismo mapa se dibujan los aspectos geográficos y topográficos más relevantes, el acceso, los servicios, los arroyos o cursos de agua que cruzan la propiedad (si los hay) así como las zonas de riesgo o amenazas potenciales.



Mapa de Sectores *Fig.4.3*

PLANEACIÓN
PASO 4. *Establecer el Objetivo Principal*

La Permacultura establece que es indispensable *Trabajar con la Naturaleza*, y dado que todo terreno tiene áreas con muy diferentes características topográficas y potencial bioproductivo, el establecer los objetivos del proyecto está en función, por un lado, de las necesidades y requerimientos de las personas que habitan o van a habitar en el sitio, y por el otro, en función del potencial bioproductivo del terreno.

Hay dos formas de plantear un diseño:

Una es: viendo el terreno tal y como es, con todas sus características (buenas y malas) permitiendo que los objetos surjan naturalmente. En cuyo caso, uno se pregunta *¿qué me ofrece esta tierra?.*

La otra es: definir objetivos precisos, investigar el sitio en función de esos objetivos y preguntarse *¿qué puedo hacer para que esta tierra me dé lo que yo quiero?* Obviamente, la primera puede traer como resultado una ecología sostenida guiada por nuestro control inteligente; la segunda puede conducir a una explotación de la tierra sin pensar en las consecuencias a largo plazo. Para planear cualquier desarrollo o mejora de tierras agrícolas, agropecuarias, silvopastoriles o forestales, es necesario saber qué se requiere de ellas: 1) ¿Que sean rentables?, 2) ¿mejorarlas al máximo dadas las circunstancias?, 3) ¿algún otro objetivo? en función de su propia capacidad bioproductiva, la cual está ligada directamente a la cantidad de agua disponible en el terreno.

Es importante tener en cuenta que el desarrollo de los potenciales de cualquier propiedad, compromete en cierto grado, aquellos factores que determinan el valor comercial de la misma. **Un tipo de potencialidades** no dependen de la propiedad en sí misma, sino que **están relacionadas con influencias externas** (como los precios en el mercado de los productos que ahí se pueden producir y otros valores tienen que ver con la ubicación de la propiedad; el Estado y el municipio en el que se encuentra, la distancia al pueblo más cercano, si el pueblo está en desarrollo o decadencia, las condiciones del camino y la accesibilidad de servicios. El otro tipo de potencialidades tiene que ver con la evaluación de las mejorias que se pueden hacer dentro de la propiedad y están influenciadas por factores como: el tipo de topografía (ya sea ondulada o plana), el tipo de suelos, la precipitación pluvial y otros aspectos del clima.

La optimización de estas potencialidades depende del conocimiento y de la propia capacidad del hombre para controlar el agua y el viento en sus tierras, factores que determinan, en gran medida, la capacidad de regeneración de las mismas.

Actualmente, la incompetencia de las universidades de agronomía para adiestrar agrónomos capaces de, no digamos mejorar la calidad de las tierras, sino simplemente mantenerlas, ha quedado de manifiesto con la abrumadora evidencia de que, gracias a la agricultura moderna con sus prácticas de cultivo y manejo, se ha enviado al mar el 70% de la tierra arable del planeta. La *Agricultura debe ser una expresión del Clima y su Geo-topografía* y no un instrumento de enriquecimiento personal a costa de la explotación de recursos humanos como los campesinos (ahora obreros agrícolas) y la explotación de los recursos naturales (como la fertilidad de las tierras, la pureza del agua y del aire).

El permacultor debe tener la habilidad, ***primero,*** de determinar la vocación de cada área dentro de una propiedad; ***segundo,*** evaluar con precisión el potencial de las diferentes áreas que constituyen un terreno en particular, en base al aprovechamiento óptimo del recurso más importante en cualquier desarrollo, el agua; ***tercero,*** determinar, de acuerdo a las necesidades del propietario del terreno, si la inversión requerida para implementar la optimización de los potenciales de su propiedad, se justifica; y ***cuarto,*** establecer los objetivos a partir de esta coyuntura.

ANÁLISIS
PASO 5. *Calcular el Potencial*

Calcular el potencial de la propiedad en términos disponibilidad de agua, es la piedra angular de cualquier diseño cuando se tiene claro que la capacidad bioproductiva de un terreno está comprometida con la disponibilidad de este recurso. El primer paso en este sentido es detectar las fuentes de agua disponibles (tanto para el agua potable como para la de riego) para luego evaluar sus calidades y determinar sus capacidades.

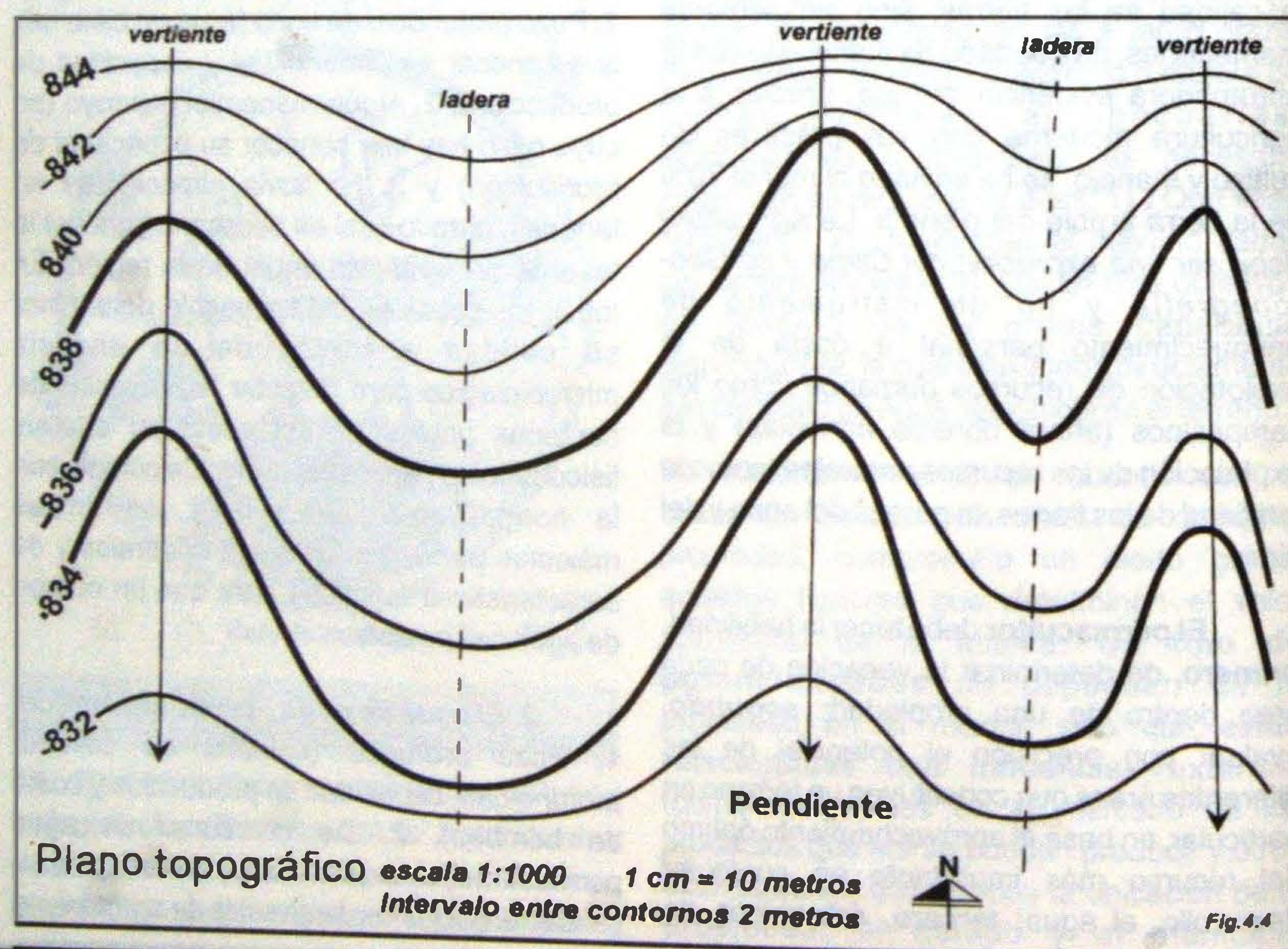
1. El agua potable, puede provenir de: **1.** Pozo profundo o de noria (en cuyo caso hay que conocer su profundidad y capacidad de producción), **2.** Algún manantial o arroyo (en cuyo caso hay que conocer su capacidad de producción) y **3.** La lluvia almacenada en tanques, para lo cual es necesario conocer la tasa de precipitación anual en la región. En todos los casos es indispensable determinar su calidad a través de un análisis microbiológico para detectar la presencia de bacterias patógenas así como un análisis fisicoquímico para saber si el agua cumple con la normatividad que señala los límites máximos permitidos de sales minerales y de características químicas para que un cuerpo de agua sea potable.

2. El agua de riego, puede provenir de: **1.** Pozo profundo (calcular su calidad, profundidad, capacidad de producción y costo de bombeo), **2.** De un curso de agua permanente (en cuyo caso hay que conocer su calidad en términos de arrastre de agrotóxicos

desde otras propiedades y cantidad disponible). **3.** De la lluvia (para lo cual hay que conocer la precipitación anual y los meses durante los que cae). **4.** De reservorios de agua ya construidos (calcular capacidad de almacenaje y ubicación, para determinar si el riego sería bombeado o por gravedad), **5.** De reservorios potenciales construidos en lugares idóneos (sitios dentro de la propiedad), en cuyo caso habría que determinar: a) El tamaño y capacidad del área de captación, b) la posición, tamaños y su capacidad de almacenaje. **6.** De los costos de construcción. **7.** De la modificación del flujo de escorrentías para aprovechar el agua antes de que abandone el terreno: a) A través de canales de conducción-infiltración que la distribuyan uniformemente y aminoren su velocidad para que se infiltre en mayores cantidades por toda la propiedad (en cuyo caso sería necesario calcular el área de Captación para determinar el flujo, así como ubicar la posición y el tamaño de los mismos). b) Con técnicas de labranza a lo largo de curvas a nivel paralelas a Líneas Clave, c) Con cultivos de cobertura que permitan una mayor absorción de agua en el suelo.

Una vez identificados todas los potenciales acuíferos y sus capacidades, aunado a la información climatológica, topográfica, social y económica, se cuenta con datos precisos que permiten el análisis de matrices para proponer soluciones sostenibles.

Una gran ayuda para llevar a cabo las evaluaciones y determinaciones mencionadas en los pasos **4** y **5**, es el **estudio de las Lineas Clave en mapas topográficos con curvas a nivel** *(Fig.4.4)*, el cual es determinante para el desarrollo del terreno y sus suelos en función del agua que corre sobre y bajo su superficie.

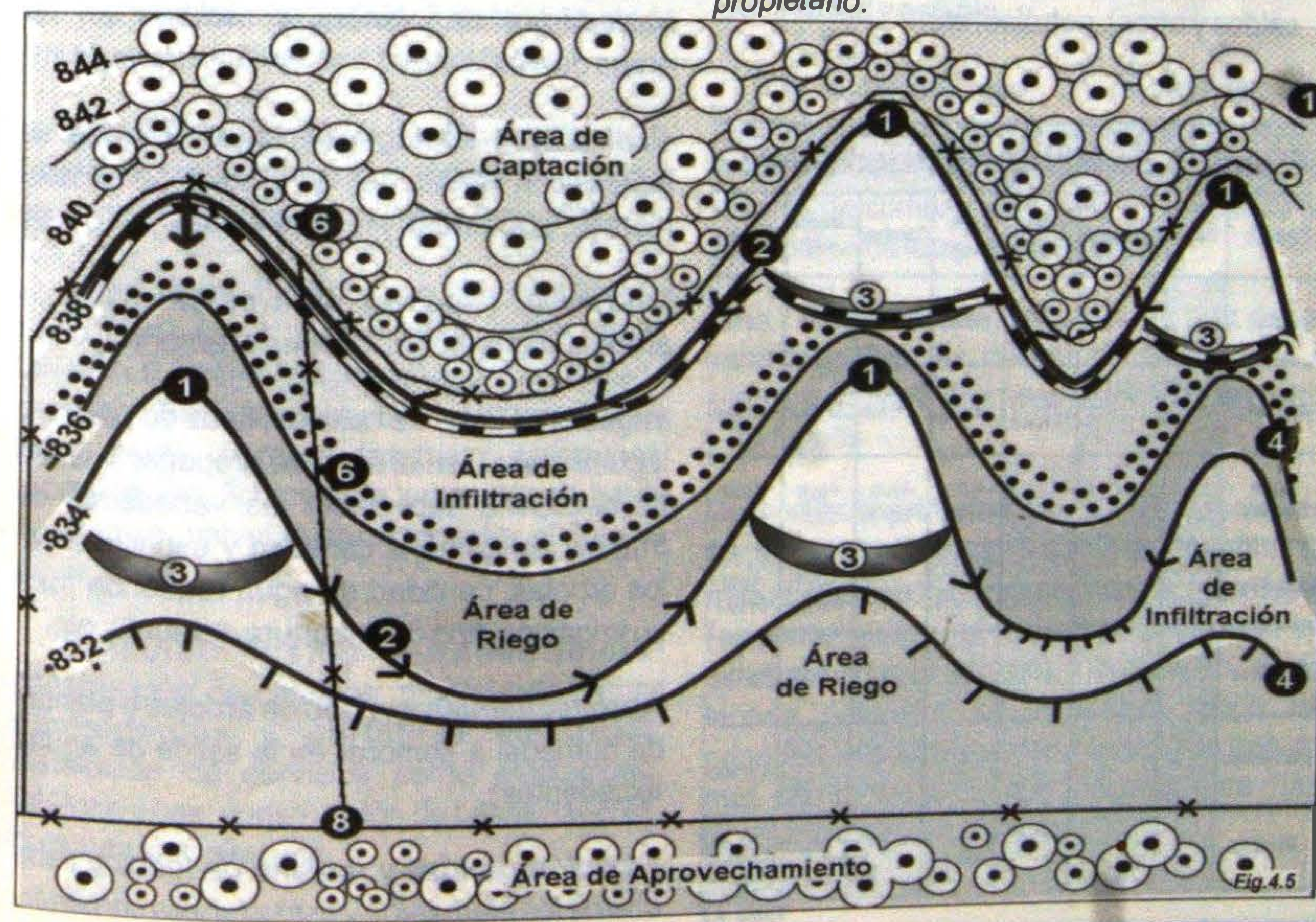


ANÁLISIS
PASO 6. *Realizar el Estudio Keyline*

El *Estudio Hidrológico Keyline de Líneas Clave* establece los usos de agua, ya sea en una cuenca hidrográfica o en el conjunto de una propiedad en particular. Sirve para implementar todas aquellas estrategias, infraestructuras y manejo que optimizan el aprovechamiento del recurso acuífero que fluye en cualquier momento sobre un terreno. Se basa en la observación de los patrones naturales del flujo de agua sobre la tierra y cómo éstos, pueden ser modificados para incrementar al máximo posible la cantidad de agua disponible y la biomasa en tierras agrícolas, agropecuarias, silvopastoriles y forestales.

La descripción detallada de este método se desarrolla en el *Capítulo VII*, sin embargo, a continuación se describen brevemente los pasos del Estudio *(Fig.4.5)*:

1) Detectar los Puntos Clave más útiles.
2) Designar la ubicación correcta de canales de conducción-infiltración de agua para modificar y aprovechar al máximo el comportamiento de las escorrentías.
3) Seleccionar los lugares idóneos para la ubicación de reservorios de agua.
4) Designar la ubicación correcta de canales de riego.
5) Marcar las áreas de Captación y Recarga (bosques), Infiltración (cultivos de temporal), Irrigación (ya sean praderas, intercultivos, áreas de ramoneo, cultivos o frutales) y Aprovechamiento (bosques).
6) Designar la ubicación correcta de franjas de árboles rompevientos.
7) Para definir la elevación y ubicación precisa de la infraestructura en el terreno.
8) Determinar la posición y recorrido de todos y cada uno de los caminos y cercas dentro de la propiedad en base al flujo del agua.
9) Determinar en el terreno, la elevación y posición idónea de todas las infraestructuras: casa, graneros, tanques, gallineros, y cualquier otra estructura solicitada por el propietario.



ANÁLISIS
PASO 7. *Estudio de Riesgos y Amenazas*

Elaborar las matrices prioritarias correspondientes a cada tema relevante para aportar soluciones en términos energéticos, funcionales y que trabajen con la naturaleza, además de determinar la ubicación idónea de cada elemento, en el listado que se presenta a continuación, se muestran algunos ejemplos de matrices a elaborar:

- *Riesgos y Amenazas.*
- *Agua:* potable y de riego.
- *Infraestructura:* caminos, cercas, reservorios de agua, abrevaderos, hortalizas, praderas, huertas frutales, barreras de árboles rompevientos, bosques, etc.
- *Estructuras:* Casa, granero, bodegas, corrales, gallinero, cocheras, talleres, tanques de agua, etc.
- *Energías:* Eléctrica, calorífica (calentamiento de comida, agua y casa), gas, gravedad, fertilidad, suelos vivos, insumos (biofertilizantes, compostas, caldos y otros), petróleo, etc.

Ejemplo de Matriz de Prioridades

Trabajo	Casa	Cercado	Agua Potable	Agua Riego	Camino	Electricidad	Establo
Casa		Cercado	Agua Potable	Casa	Caminos	Casa	Casa
Cercado			Agua Potable	Cercado	Cercado	Cercado	Cercado
Agua Potable				Agua Potable	Agua Potable	Agua Potable	Agua Potable
Agua Riego					Caminos	Agua Riego	Agua Riego
Caminos						Caminos	Caminos
Electricidad							Establo
Establo							

Tabla 4.2

DISEÑO
PASO 8. *Elaborar las propuestas*

Para elaborar las propuestas escritas, se vacían todas las informaciones provenientes de las matrices que describen las diversas soluciones y los detalles de cada tema en particular, por ejemplo: Económico, Agrotecnológico, Energético y Manejo de Agua.

DISEÑO
PASO 9. *Elaborar Mapa Propuesto (con curvas a nivel) especificando:*

Toda la Información proveniente del análisis de *Sectores, Matrices y Estudio Hidrológico Keyline*, y que se puede representar gráficamente, se plasma en el Mapa de Propuestas, por ejemplo:

***Uso de suelo** y tamaño de cada área en particular.*

***Variedades de plantas** a sembrar en las áreas de:*

Captación y Recarga. (Bosque -del que se especifican variedades de árboles-, arbustos, hierbas, gramíneas y leguminosas).

Infiltración. (Tipos de cultivos y/o tipos de árboles y arbustos en áreas de ramoneo).

Irrigación. (Tipos de cultivos, tipos de pastos y leguminosas), en el caso de proponer huertas es necesario especificar las variedades de frutales así como la cantidad y espacio entre los arboles, cantidad de agua requerida para su irrigación, tipo de cobertura del suelo, etc.

Aprovechamiento. (Tipo de árboles o plantas de humedal a sembrar en la salida de aguas excedentes).

***Posición precisa y tamaño** de todos y cada uno de los elementos y estructuras a construir.*

***Ubicación, tamaño y capacidad** de almacenaje de reservorios y tanques de agua.*

***Ubicación, tamaño y dirección del flujo** de canales de conducción-infiltración y de irrigación.*

***Recorrido** de caminos, brechas y senderos dentro de la propiedad.*

***Posición de cercas y puertas** de acceso entre áreas de pastoreo, cultivos y caminos.*

Posición de abrevaderos.

DISEÑO
PASO 10. *Elaborar planos (Pertinentes a diseños propuestos para estructuras y procesos)*

DISEÑO
PASO 11. *Elaborar Presupuesto*

Calcular costos de fuentes de agua posibles, sus calidades y capacidades.

□ *Agua Potable:* pozo (profundidad), noria (profundidad), manantial (pureza), arroyo (pureza), lluvia (almacenada en tanques).

□ *Agua para Riego:* pozo (profundidad y capacidad), noria (profundidad y capacidad), manantial, arroyo (disponibilidad, capacidad y pureza), lluvia almacenada en reservorios tales como bordos, tanques, estanques, represas, etc, (incluyendo los costos de tubos de drenaje, válvulas para controlar el flujo de agua, etc)

Calcular costos infraestructura: construcción de caminos; montaje de cercas permanentes y portátiles eléctricas; instalación de servicios como electricidad, teléfono y gas; construcción de casas, talleres, bodegas, corrales, etc.

DISEÑO
PASO 12. *Elaborar Programa de trabajo*

El plan o programa de trabajo se elabora en base a una jerarquía de prioridades obtenida a partir de la elaboración de una Matriz de Prioridades.

En esta Matriz se enumeran todos los trabajos a realizar y se comparan, uno a uno, para decidir cuál es el nivel de relevancia que tiene cada uno con respecto a los demás.

Las Prioridades se deciden en función de un criterio preestablecido que puede ser de cualquier índole, por ejemplo, recursos económicos disponibles, rentabilidad, logística de trabajo, clima, o cualquier otra razón de peso que se tome en cuenta.

En el siguiente ejemplo, se comparan trabajos a realizar como serían la construcción de la casa, el cercado, la implementación del agua potable, del agua de riego, caminos, electricidad y establo.

Por supuesto que, en la realidad, las matrices para resolver prioridades son mucho más extensas y complejas, sin embargo, para efectos de comprensión de la metodología se ejemplificó de la siguiente manera:

Se comparan todos y cada uno de los renglones con las columnas, se procede a elaborar la Tabla de Interpretación de la matriz *(Tabla.4.3)*.

En la primera columna se anotan los trabajos a realizar; en la segunda columna, la frecuencia con que aparecieron en la matriz (se suman todos los recuadros que tienen en nombre de cada trabajo) y por último; en la tercera columna, se asigna el rango de prioridad, entre más veces apareció un trabajo más alto el rango (lo que indica que es más prioritario y se marca como "1").

INTERPRETACIÓN DE LA MATRIZ

Trabajo	Frecuencia	Rango
Casa	3	4
Cercado	5	2
Agua Potable	6	1
Agua Riego	2	5
Caminos	4	3
Electricidad	0	7
Establo	1	6

Tabla 4.3

Del ejemplo se deduce que el orden de trabajos a realizar sería así:

1. *Agua Potable*
2. *Cercado*
3. *Caminos*
4. *Casa*
5. *Agua de Riego*
6. *Establo*
7. *Electricidad*

Si bien el análisis de Matrices es un trabajo laborioso, por otro lado permite "escanear" (por así decirlo) una gran mayoría de posibilidades y combinaciones para resolver los diversos aspectos que involucra el Diseño Permacultural.

Diseño que genera Capital natural (capta agua y regenera las tierras)



Diseño que destruye el Capital Natural (evacua agua y manda las tierras al mar)



Los formatos que se presentan en las siguientes páginas pueden servir como guía (muy básica) del tipo de información que es necesario recabar para el proceso de diagnóstico y análisis de Diseño.

FORMATO DE INFORMACIÓN PARA DISEÑOS DE PERMACULTURA

Datos personales

Nombre del Propietario: ____________________

Dirección: __________ **Teléfono** ________ **Correo Electrónico** ________

Nombres, edades y número de personas que habita án el lugar: -

____

Ocupación de las personas __________ **Escolaridad** __________

Estilo de vida: Campesino____ Empresario____ Otros________ Hábitos alimenticios:________

Intención: ____________________

Situación financiera: ____________________

Recursos a invertir a corto, mediano y largo plazo: __________

Otras Fuentes de Ingresos____________________

Porcentaje de ingresos esperados del proyecto:__________

Necesidades: ____________________

Gustos: ____________________

Requerimientos de privacidad:________ **Entretenimientos recreativos:**________

Tiempo disponible: ____________________

Vehículos: ____________________ _4WD__________

Direcciones de gente local afín: ____________________

Direcciones de autoridades públicas (policía, bomberos, cruz roja, etc.):____________________

DATOS FUERA DEL TERRENO (SECTORES)

FUERA DEL TERRENO (SECTORES)

Plano topográfico de la región que enmarca el terreno. Ubicación del terreno.

Servicios públicos: Telef.________Luz:________Agua:________Accesos ________

Recursos fuera del terreno: *Establos*______*Carpinterias*______*Aserraderos*______*Vistas* ____*Cáscara de coco*__________*Otros* __________Molinos de Piedra Rastros________

Reporte meteorológico:

Temp. mas bajas y altas_____*Precipitación anual*____*Máxima Precipitación/día*____*Vientos Dominantes*_____

Contaminación y punto cardinal de procedencia:

*Visual:*__________*Ruido:*__________*Aire:* *Agua:*__________*Otros*__________

Catástrofes potenciales: *Terremotos* ( ), *Huracanes* ( ), *Ciclones* ( ), *Remolinos* ( ), *Inundaciones* ( ), *Incendios* ( ), *Plagas* ( ), *Otros*( )

especifica ____________________

DATOS DENTRO DEL TERRENO (ZONAS)

Planos disponibles: Planta_____Alzado_____Curvas de Nivel_____Construcciones__________

Tamaño de la propiedad:____________________

Aspecto: ______*ángulos de inclinación*__________*Cultivos en años anteriores*__________

*Vegetación existente:*__________*Vegetación Nativa*__________

Tipo de zonas existentes en el terreno (en porcentaje):

*Praderas*________*Bosques*________*Barriales*________*Cienegas* *Otras* ______

Recursos en el terreno: *Tierra*________ *Vegetación*________*Piedras*________*Agua*_____*Otros*______

Capacidad de captación de agua por hectárea__________*Cantidad en litros*________

Calidad del agua *en pozos, norias, ríos, presas: Potable*_____*No potable*________*Para Riego* ________

Datos del suelo

*Porcentaje de: Arena*__________*Barro*__________*Mat ria Orgánica*__________

Estructura: ________*Análisis de Suelo*__________ *Otros*________

*Erosión:*__________*(porcentaje del área total)* __________

Problemas conocidos: *Ambientales*________*Sociales*________*Otros*________

Dependencia de Insumos:

Fertilizantes Químicos, ____________________

Aplicación de Venenos, *Insecticidas*________*Herbicidas*________*Fungicidas*________*Otros*______

Semillas, *Locales*__________*Propias*__________*Compradas*__________

Dependencia de Mecanización: *Propia*__________*Contratada*__________

Insumos:____**Transformación y Comercialización:** *Local*____*Regional*____*Nacional*____*Exportación*____

Prioridades: ____________________

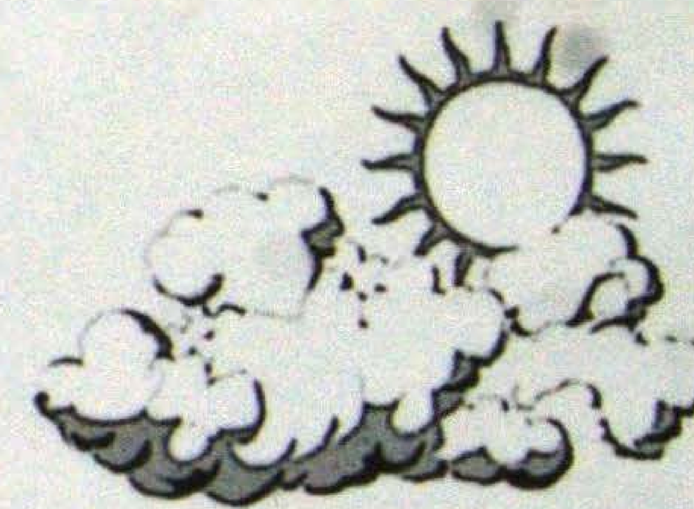
RIESGOS ____________________

*FORTALEZAS*__________ ***DEBILIDADES*** __________

ANALISIS AMBIENTAL EXTENSIVO	
1 Sitio. Historia, cultivado, depósito pastoreado, contaminado, otros. **2 Topografía.** Mapas curvas de nivel Identifica Líneas Clave Marca valles y lomas Determina grado de inclinación **3 Aspecto** Orientaciones Sur deseadas Lomas Oeste /calientes Lomas Este /agradables Lomas Norte/frías **4 Vientos** Dirección vientos dominantes Dirección vientos severos Dirección vientos deseables **5 Suelos Geología** Mapas de geología Estudios del Agricultura Ley de uso de suelos Tipo de suelos Muestreo de suelos Drenaje y absorción Estabilidad del sito **6 Vegetación** Flora: tipo, variedad, salud Bosques: tipo, edad, condición, valor Especies exóticas existentes Vegetación de cobertura Plantas venenosas **7 Fauna** Animales de pastoreo Aves palmípedas, aves nativas Animales nativos Animales a introducir Criaturas peligrosas (alacranes serpientes) **8 Clima** Altitud Heladas, frecuencia, rango, dirección Granizadas, frecuencia, época Lluvia, época, duración, cantidad, Temperatura, máxima y mínima **9 Hidrología** Patrones de drenaje Manantiales, pozos, norias Arroyos y ríos, permanencia. Agua. Capacidad de Captación y calidad Agua somera Niveles de inundación	**10 Accesos** Caminos existentes Terrecerías Camino Nuevo? costo **11 Elementos particulares** Áreas rocosas Deslaves Cascadas Cuevas Estanques Sitios idóneos para Molinos de v ento Vistas **12 Servicios** Electricidad, Gas, Teléfono, Agua, Drenaje Tiendas, Escuelas, Aserraderos Transporte Público Hospitales, Bomberos Basurero **13 Permisos** Construcción Uso de Suelo Perforación de Pozos **14 Macro Uso** Que esta sucediendo corriente arriba? Que esta sucediendo al lado y atrás? **15 Recursos** Carpinterías, aserraderos, ingenios Establos Viveros Biomasa, grava, piedras, barro **16 Catástrofes** Tipo Frecuencia Intensidad Duración Nivel de Seguridad **17 Contaminación** Ruido: aviones, carreteras, fábricas, tren Visual: norte sur este oeste ? Aire, fabricas, quema de basureros, otras Agua. Muestrear mantos acuíferos y corrientes Ondas Electromagnéticas, Torres Alta Tension.

Capítulo V

El Clima y El Microclima



El Cambio Climático es cosa del Pasado, y para Siempre

CAPÍTULO CINCO
El Clima y el Microclima

El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracteriza una región geográfica. Estas condiciones están determinadas por el comportamiento de diferentes elementos que forman parte del clima específico de una región: la temperatura, la humedad, las precipitaciones, la presión y las masas de aire, los cuales están íntimamente relacionados con el paisaje donde interactúan.



Fotografía cortesía de Manuel Cervantes, Tapalpa, Jalisco México

Los valores promedio de las variaciones en estos parámetros se obtienen con la recopilación de la información meteorológica durante un periodo de tiempo suficientemente largo. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una localidad concreta es que se habla de *Clima*.

Clima y tiempo, dos conceptos distintos cuya diferencia fundamental entre ambos radica en la escala de tiempo. Mientras el **Tiempo** nos habla del estado de las variables atmosféricas, de un determinado lugar, en un momento determinado; el **Clima** informa sobre esas mismas variables, promedio, en el mismo lugar, pero en un periodo temporal mucho más largo, usualmente 30 a 50 años.

Las variaciones anuales o estacionales y los patrones caóticos de diferentes frecuencias de variación son los que hacen que, de un año para otro (así como de un día para otro) el **Tiempo** sea tan cambiante. El **Clima** presenta también las dos facetas, tendencias regulares que se empiezan a apreciar a las pocas décadas de realizar mediciones, y oscilaciones de tipo caótico que subyacen en el fondo.

Parámetros climáticos

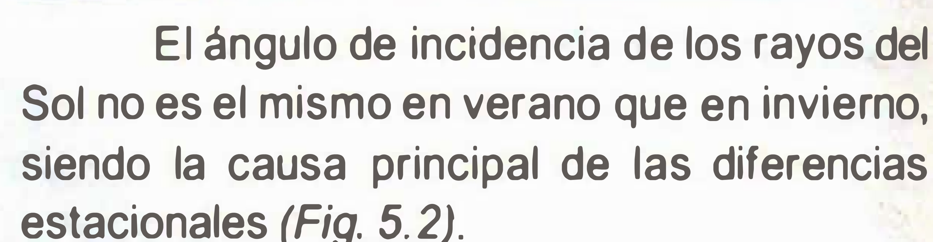
Para el estudio del clima local hay que analizar los elementos del *tiempo:* la temperatura, la humedad, la presión, los vientos y las precipitaciones. De todos ellos, las temperaturas medias mensuales y los montos pluviométricos mensuales son los datos más importantes que normalmente aparecen en los gráficos climáticos. Hay una serie de factores que pueden influir sobre estos elementos: la latitud geográfica, la altitud del lugar, la orientación del relieve con respecto a la incidencia de los rayos solares o a la de los vientos predominantes, las corrientes oceánicas y la continentalidad, que es la distancia al océano.

Factores que modifican el clima: latitud, altitud, masas de agua (océanos), vegetación, distancia al mar, calor, y corrientes oceánicas.

Elementos del Clima: Latitud geográfica, altitud sobre el nivel del mar, temperatura, presión atmosférica, viento, humedad, precipitación.

La latitud determina la inclinación con la que caen los rayos del Sol y la diferencia en la duración del dia y la noche. Cuanto más directamente incide la radiación solar, más calor aporta a la Tierra. De hecho, las variaciones en latitud son causadas por la inclinación del eje de rotación de la Tierra *(Fig. 5.1)*

Fig.5.1



El ángulo de incidencia de los rayos del Sol no es el mismo en verano que en invierno, siendo la causa principal de las diferencias estacionales *(Fig. 5.2)*.

Direccion del sol en verano en el hemisferio norte



Direccion del sol en invierno en el hemisferio norte *Fig.5.2*

Una mayor inclinación en los rayos solares provoca que éstos tengan que atravesar mayor cantidad de atmósfera, atenuándose más que si incidieran perpendicularmente. Por otra parte, a mayor inclinación, mayor será la componente horizontal de la intensidad de radiación.

La altitud en una región dada determina la delimitación de los pisos térmicos respectivos. A mayor altitud con respecto al nivel del mar, menor temperatura. Además, con **cada aumento de 150 m en la altitud, la temperatura (T°) desciende 1 °C.**

Orientación del relieve

La disposición de las cordilleras más importantes con respecto a la incidencia de los rayos solares determina dos tipos de vertientes o laderas montañosas: de solana y de umbría.

Al norte del Trópico de Cáncer, las vertientes de solana son las que se encuentran orientadas hacia el sur, mientras que al sur del Trópico de Capricornio las vertientes de solana son, obviamente, las que están orientadas hacia el norte *(Fig.5.3)*.



Fig.5.3

En la zona intertropical, las consecuencias de la orientación del relieve con respecto a la incidencia de los rayos solares no resultan tan marcadas, ya que una parte del año el sol se encuentra incidiendo de norte a sur y el resto del año en sentido inverso.

La orientación del relieve con respecto a la incidencia de los vientos dominantes (los vientos planetarios) también determina la existencia de dos tipos de vertientes: de barlovento y de sotavento.

Llueve mucho más en las vertientes de barlovento porque el relieve da origen a las lluvias orográficas, al forzar el ascenso de las masas de aire húmedo.

Continentalidad

La proximidad del mar modera las temperaturas extremas y suele proporcionar más humedad cuando los vientos fluyen del mar hacia el continente. Las brisas marinas atenúan el calor en el día y las terrestres limitan la irradiación nocturna *(Fig.5.4)*.

Fig.5.4

En la zona intertropical, este mecanismo de las brisas atempera el calor en las zonas costeras, ya que son más refrescantes y fuertes precisamente cuando más calor hace (en las primeras horas de la tarde). La continentalidad es el resultado del alto calor específico del agua, que le permite mantenerse a temperaturas más frías en verano y más cálidas en invierno. En otras palabras, el agua posee una gran *inercia térmica. **Por lo tanto, las masas de agua son el agente moderador más importante del clima.***

Clasificaciones climáticas

El clima puede clasificarse en función de su régimen de temperaturas y de precipitaciones.

Clima árido: precipitaciones escasas. Se produce gracias a las cadenas montañosas y las corrientes marinas, éstas últimas condensan la humedad y evitan la precipitación.

Clima intertropical: cálido, las temperaturas fluctúan poco durante el año. Con o sin período(s) de sequía.

Clima mediterráneo: caracterizado por veranos cálidos y secos, e inviernos húmedos y templados.
Clima alpino: frío a causa de la altitud.
Clima continental: característico de las regiones interiores. La variación de temperaturas entre estaciones puede ser muy grande.
Clima oceánico: característico de las regiones de temperaturas templadas cercanas al mar. Precipitaciones a lo largo de todo el año y temperaturas estables durante el año.
Clima polar: temperaturas generalmente bajo 0° C, escasas precipitaciones.

El Clima en función de la temperatura

Climas sin inviernos: el mes más frío tiene una temperatura media superior a 18 °C.
Climas de latitudes medias: con verano e invierno.
Climas sin verano: el mes más caluroso tiene una temperatura media inferior a 10 °C.
La temperatura es la cantidad de calor acumulado en el aire. A medida que nos alejamos del Ecuador la temperatura baja.

Diferentes tipos de clima

En el mundo, los tipos de clima se clasifican en tres grupos:

Cálidos

Clima ecuatorial (región amazónica, parte oriental de Panamá, Península del Yucatán, centro de África, occidente costero de Madagascar, sur de la Península de Malaca e Insulindia)
Clima tropical (Caribe, llanos y costas de Colombia, Costa Rica y Venezuela, costa del Ecuador, costa norte del Perú, la mayor parte de Brasil, este de Bolivia, noroeste de Argentina, este de Paraguay, centro y sur de África, sudeste asiático, norte de Australia, sur y parte del centro de la India, la Polinesia etc. y las costa sur-centrales del Pacífico de México).
Clima subtropical árido (suroeste de América del Norte, norte y suroeste de África, oriente medio, costa central y sur del Perú, norte de Chile, centro de Australia).

Templados

Los climas templados son los propios de latitudes medias, y se extienden entre los paralelos 30 grados y 70 grados aproximadamente. Su carácter procede de los contrastes estacionales de las temperaturas y las precipitaciones, y de una dinámica atmosférica condicionada por los vientos del oeste. Las temperaturas medias anuales se sitúan entre los 8 y 18 grados centígrados, y las precipitaciones van de 300 a más de 1000 mm anuales.

Dentro de los climas templados, distinguimos dos grandes conjuntos: los climas subtropicales, o templados-cálidos, y los climas templados propiamente dichos, o templados-fríos. A su vez, dentro de cada uno de esos grandes conjuntos se engloban varios subtipos climáticos.
Clima chino (sudeste de Estados Unidos y Australia, sur de China), noreste de Argentina, sur de Brasil y Uruguay, norte de la India y Pakistán, Japón y Corea del Sur).
Clima mediterráneo (zona del Mediterráneo, California, centro de Chile, sur de Sudáfrica, suroeste de Australia).
Clima oceánico o atlántico (zona atlántica europea, costas del Pacífico del noroeste de Estados Unidos y de Canadá, sureste de Australia, Nueva Zelanda, sur de Chile, costa de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
Clima continental (centro de Europa y China y la mayor parte de Estados Unidos, norte y noreste de Europa, sur y centro de Siberia, Canadá y Alaska).
Clima continental árido o desierto continental (Asia Central, centro-oeste de América del Norte, Mongolia, norte y oeste de China).

Fríos

Clima de tundra (región ártica y subantártica subglaciar, Groenlandia, parte de Siberia), Tierra del Fuego (Chile y Argentina).
Clima polar (en el Ártico y en la Antártica).
Clima de montaña (zonas montañosas de más de 3.500 msnm cerca del Ecuador terrestre, de unos 2.000 ó 1.500 msnm en las zonas templadas, y menos de 1.000 msnm en regiones frías).

Microclima y Permacultura

Si bien el clima es el factor básico limitante para la diversidad de plantas y animales que se pueden desarrollar en un lugar determinado, la influencia que tenemos sobre el mismo es casi nula.

Al momento de desarrollar cualquier proyecto es necesario conocer las condiciones climatológicas para determinar el rango de temperaturas anuales, la precipitación pluvial, la cantidad de heladas, granizadas, huracanes, ciclones, sequías y demás fenómenos meteorológicos que ocurren en la región en particular, poniendo especial atención a las temperaturas máximas y mínimas así como a las avenidas máximas registradas o máximo evento (precipitación o lluvia más copiosa en un sólo día en la historia del lugar que se analiza).

El microclima está influenciado por la topografía, los suelos, la vegetación y otros factores. A diferencia del clima, *el microclima es modificable*. Dos propiedades vecinas pueden tener dos microclimas completamente diferentes en cuanto a la precipitación pluvial, velocidad del viento, temperatura y humedad ambiental, etc. Por ello es muy importante analizar la condiciones microclimáticas del sitio, independientemente de las condiciones climáticas de la región.

Una vez que entendemos el microclima podemos:
- Ubicar los diferentes elementos en los lugares más favorables (por ejemplo, la casa de cara al sol del invierno en lugares templados, y de cara a las brisas frescas en lugares tropicales).
- Modificar climas extremos usando trampas de sol en lugares fríos, terrazas con rocas, y canalizar o desviar vientos con árboles.
- Incrementar el periodo de cultivo (evitando heladas, redirigiendo brisas templadas).
- Vivir más cómodamente usando energía solar, diseñando una casa sana, seca, con buena iluminación, ventilación y vista.

Factores que se utilizan en Permacultura para modificar el microclima:

a. **Topografía** (aspectación y pendientes)
b. **Agua** (estanques, presas y bordos)
c. **Estructuras** (invernaderos, taludes, paredes, cercas, enrejados, etc.)
d. **Suelos** (acolches secos)
e. **Vegetación** (cultivos de cobertura)

a. Topografía – *Aspectación*

"Aspecto" es la dirección a la que está orientada una ladera; esto determina la cantidad de sol que recibe en tal o cual época del año. En el hemisferio norte del planeta, las laderas de cara al sur reciben más sol en invierno y menos sol en verano. El hemisferio sur es lo contrario. Si la ladera está orientada al este, la temperatura máxima se alcanza en la mañana, si está orientada al oeste la temperatura máxima llega por la tarde.

La influencia del aspecto sobre las plantas determina que en *aspectos soleados*, los bosques son secos y en *aspectos sombreados* los bosques son húmedos. De aquí que, si vivimos en una zona templada o húmeda buscamos ubicar nuestra casa y los huertos frutales en una ladera orientada al sur.

Pendiente

El sol. La Pendiente o inclinación de un aspecto modifica su comportamiento, ya que el ángulo de inclinación del sol es diferente según la estación del año.

Una ladera suave es más caliente en verano porque recibe la luz casi en ángulo recto; en cambio en invierno es más fría porque el ángulo es más indirecto *(Fig.5.5)*.

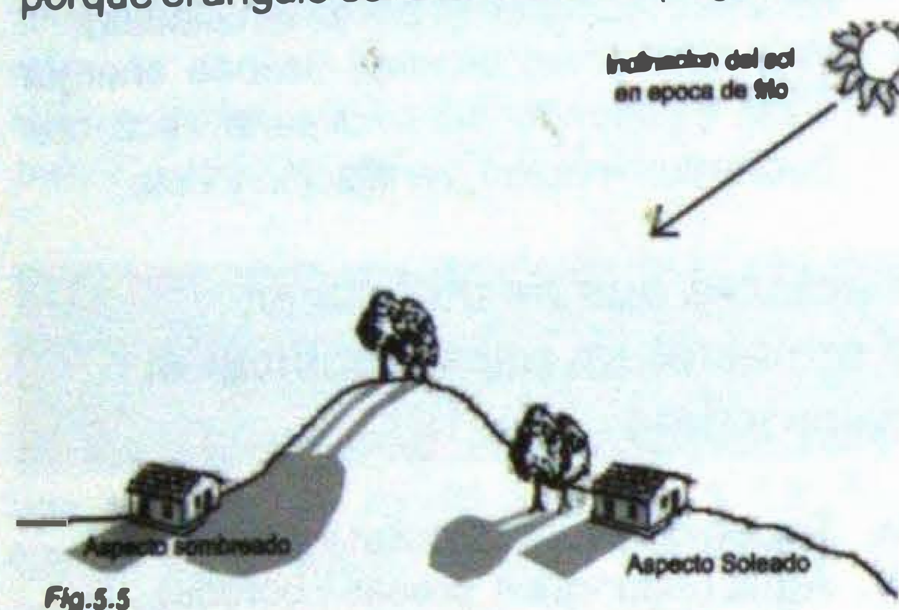
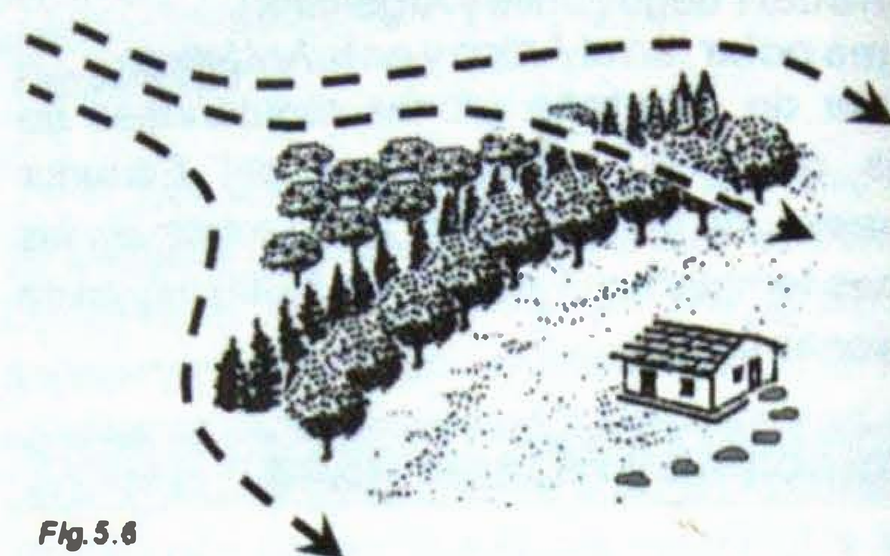


Fig.5.5

Aire frío. La inclinación también afecta al drenaje de aire frío, el cual baja por ser más pesado que el caliente, fluye de las colinas convexas hacia los valles cóncavos, ahí se almacena y promueve las heladas. Al moverse lentamente bajando por las laderas puede ser bloqueado por obstáculos (árboles construcciones o formaciones de tierra); el aire frío que fluye colina abajo hacia el valle puede ser detenido por un bosque a media bajada.

En ocasiones el aire frío provoca tal descenso de la temperatura que congela parte de la vegetación, para que estas heladas se muevan debe haber grandes aberturas. Atrás de una construcción, en la ladera o cerca del fondo del valle se almacena aire frío pudiendo producir heladas en cualquier mes del año. Observa dónde se acumulan las heladas por la mañana para determinar cuáles son las zonas que están expuestas a este fenómeno dentro de tu propiedad.

Para proteger casa y cultivos se siembra una barrera de árboles por donde bajan las heladas *(Fig.5.6)*.


Fig.5.6

Las zonas termales son sitios libres de heladas, se encuentran en áreas de inclinación que están más arriba de la zona donde se acumula el aire frío. *Ésta es la zona ideal para ubicar la casa, la huerta y la hortaliza*. Ésta ha sido siempre la zona preferida par ubicar casas y viñedos en los países europeos *(Fig.5.7)*.



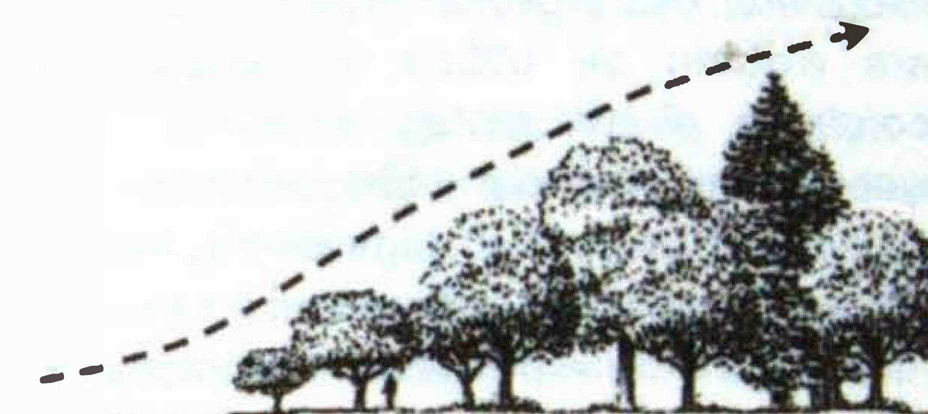
Fig.5.7

Vientos

Aunque los patrones globales de viento tienen cierta influencia sobre el sitio (huracanes y ciclones), los vientos locales permanentes son los que se toman más en cuenta al diseñar para modificar el microclima. Las montañas influyen directamente en el comportamiento del viento acelerándolo, desviándolo o canalizándolo.

El movimiento del viento. En los valles, los vientos son causados por el calentamiento y enfriamiento rápido de la tierra en los días y noches despejadas. ***En los grandes valles, los vientos locales siguen un ciclo diario: colina arriba durante el día, colina abajo por la noche.***

Las franjas de árboles rompevientos deben ser anchas y en ascendente en la dirección del viento, para que actúen como rampa. Cuando se usan para protección de infraestructuras o huertas se les planta en forma aerodinámica para facilitar el flujo del viento *(Fig.5.8)*.


Fig.5.8

La velocidad del viento se incrementa colina arriba, se acelera en la cima y se apacigua colina abajo. *(Fig.5.9)*.

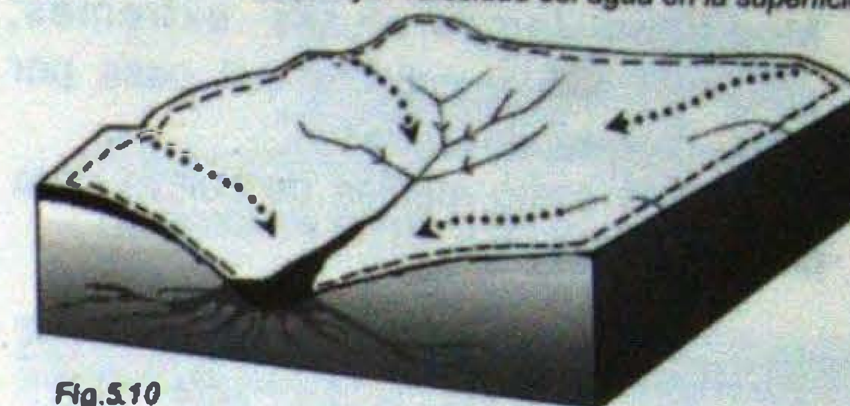


Fig.5.9

Las brisas frescas provenientes de lagos o mares impactan determinantemente en el microclima. En el trópico, las casas se construyen expuestas a estas brisas, en climas fríos se siembran setos para desviarlas. *Su velocidad también se incrementa al pasar por una constricción.*

Velocidad del agua. El movimiento del agua se ve afectado por la pendiente, a más inclinación, más velocidad y más riesgo de erosión *(Fig.5.10)*.

A mayor pendiente, mayor velocidad del agua en la superficie


Fig.5.10

Por otro lado, si se tiene suficiente inclinación, la velocidad del agua se puede aprovechar, por ejemplo: montando un sistema hidroeléctrico para generar electricidad. ***En agricultura***, para cultivos anuales es recomendable una inclinación máxima de 15°-20° (si es mayor es recomendable sembrar árboles y plantas perennes).

b. Masas de agua

El mar y los grandes lagos se calientan y enfrían lentamente, modificando la temperatura a su alrededor como los ríos y arroyos. Al construir estanques y represas en lugares apropiados *(Fig.5.11)* se pueden crear condiciones climáticas más agradables provocando algunos de los siguientes efectos:


Fig.5.11

- Reflejar luz y calor para calentar invernaderos y casas.

- Incrementan la humedad en el aire.
- Proveen hábitats para tortugas, ranas, culebras y peces, además de aumentar el número de predadores de plagas que acuden a beberen ellos.
- Modifican temperaturas extremas; enfriando el aire caliente que pasa por ellas y calentando el aire frío.
- Se utilizan como medios de cultivo para plantas acuáticas.

c. Estructuras

Las estructuras también modifican el microclima, variando la velocidad del viento, proporcionando sombra, mejorando la temperatura, etc.Algunas de ellas son:

- *Invernaderos*: es la estructura más adecuada para el control del clima en tierras templadas y puede servir tanto para favorecer el crecimiento de plantas como para calentar o enfriar una casa o cualquier otra estructura (gallinero, taller, bodega, etc) *(Fig.5.12)*.

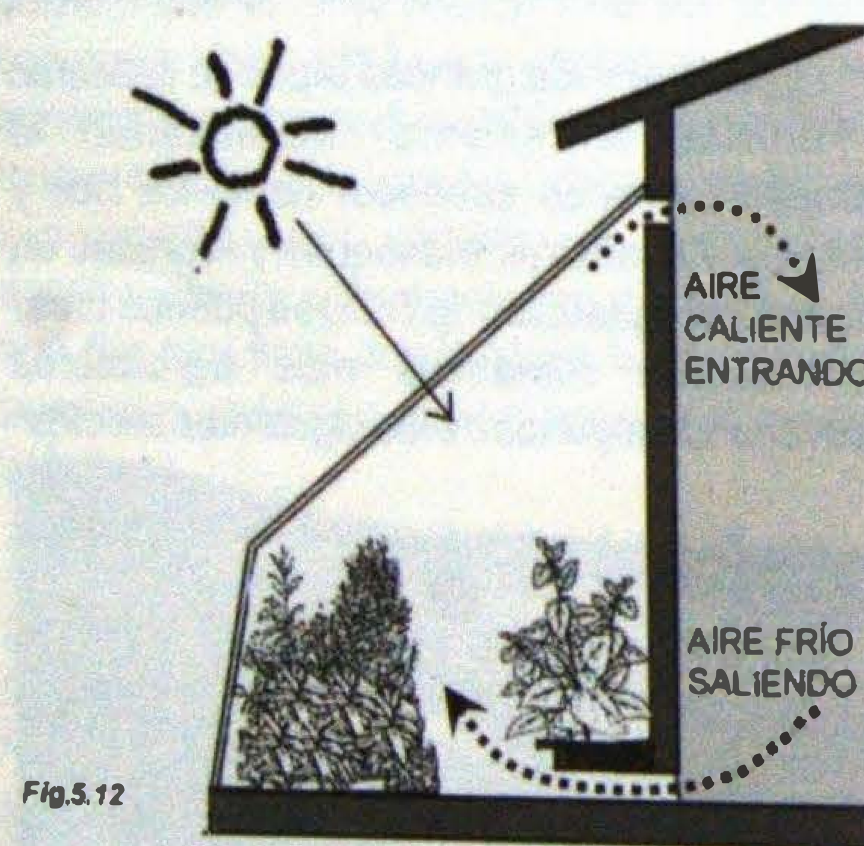


Fig.5.12

Taludes o montículos de tierra.
- Bloquean el sol del oeste aliviando la casa y cultivos.
- Bloquean el ruido (80%).
- Moderan la temperatura.
- Bloquean vistas indeseables, brindan privacidad.
- Sirven de rompevientos.
- Incrementan la diversidad de plantas.

- *Paredes*: de cara al sol almacenan calor que por la noche irradian, para maduración de frutas en *espalier* es mejor pintarles de blanco. Además protegen del viento.
- *Enrejados*: son estructuras temporales livianas que protegen del viento y heladas a plantas y árboles.

d. Suelos

La tierra se calienta más estando descubierta, esto provoca mayor evaporación, para evitarlo se utiliza el sistema de ***acolchado***, el cual protege el suelo de los rayos solares reduciendo notablemente la evaporación del agua. En lugares muy fríos es necesario *descolchar*, para que el sol caliente la tierra mientras las plantas se encuentran en la fase de crecimiento (primavera).

e. Vegetación

Lo que más influencia tiene en el micro clima es el uso de la vegetación (bosque, huerto, arbustos, rompevientos, etc.).

Las plantas modifican la temperatura a su alrededor por:

- *Transpiración*

El proceso de convertir el agua en vapor a través de las hojas, consume energía lo cual ocasiona que el área alrededor de la planta se enfríe.

- *Transferencia convectiva de calor*

En los bosques, durante el día las hojas de los árboles absorben calor calentando así el aire, el cual sube succionando aire frío por debajo de sus copas, haciendo que el bosque sea más fresco a nivel del suelo.

Por la noche, los árboles irradian el calor elevando la temperatura dentro del bosque *(Fig.5.13)*.

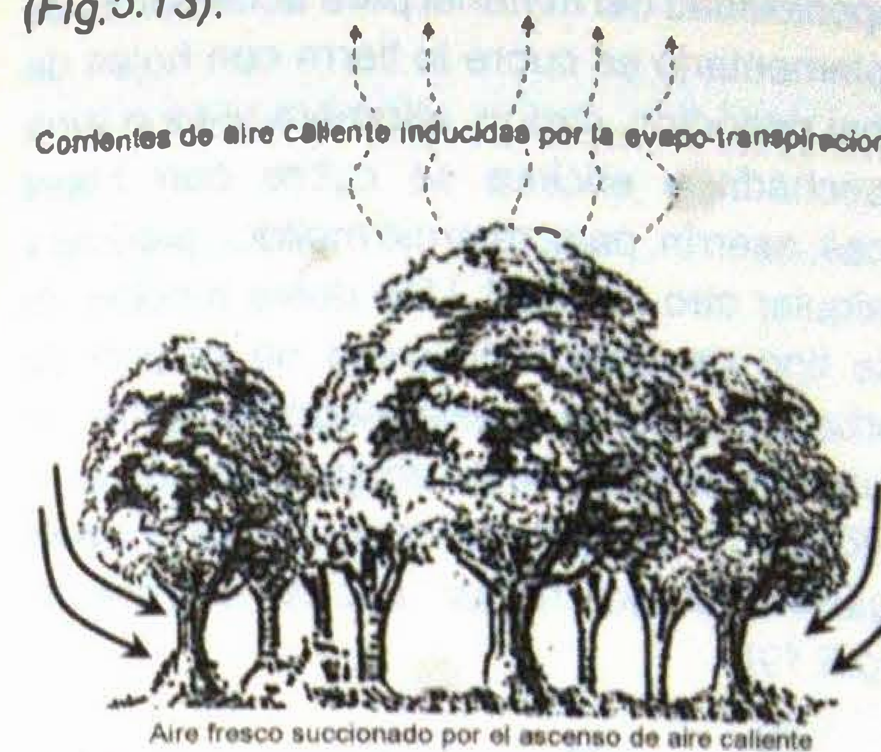


Fig.5.13

- *Sombra*

Al bloquear los rayos solares se produce un cambio radical del microsistema, la temperatura puede descender hasta un 20% en un pedazo de tierra desnuda pero que esté sombreada *(Fig.5.14)*.

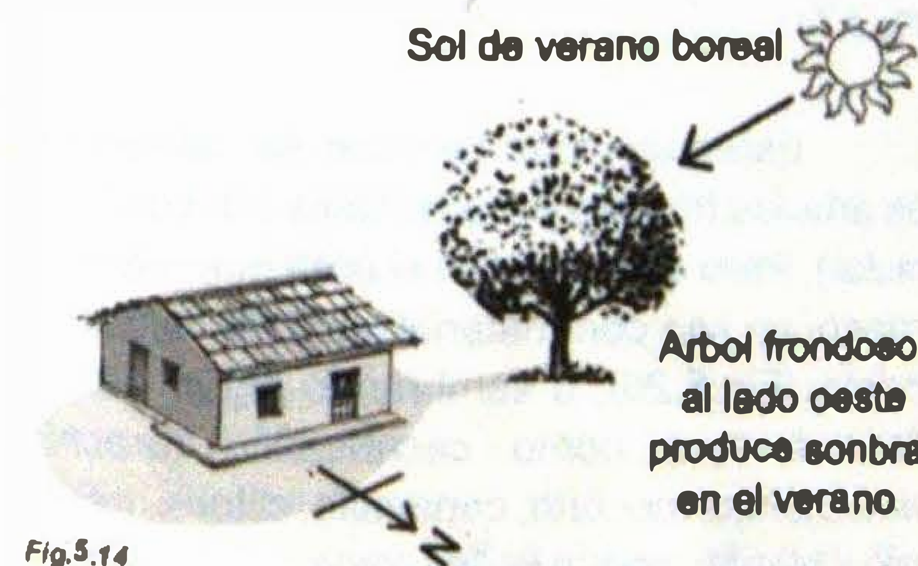


Fig.5.14

Los árboles filtran la cantidad de luz solar que pasa a través de ellos. El diseñador utiliza este conocimiento para ubicar plantas que den sombra en lugares donde se requiera.

En climas calientes se ubican árboles frondosos al oeste, en climas templados se pueden ubicar árboles caducifolios al sur para proteger de vientos veraniegos, mientras que durante el invierno su sombra no bloquea el sol a la casa *(Fig.5.15)*.

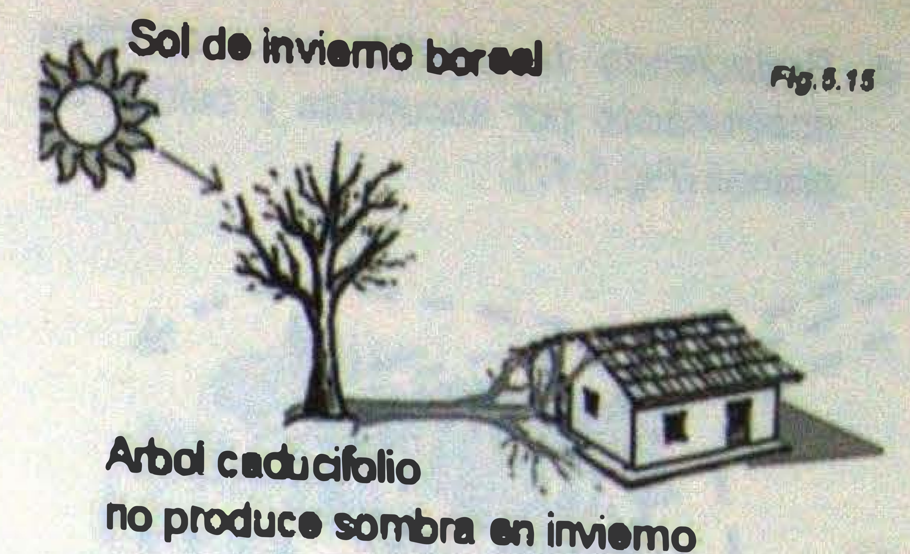


Fig.5.15

Otros árboles que reflejan luz y calor, se usan para hacer **trampas de sol** que incrementan la temperatura dentro de ellas, las trampas funcionan mejor si se ubican en laderas con aspectación sur y una pendiente del 15% *(Fig.5.16)*.



Fig.5.16

- *Viento*

Los árboles y setos se han usado durante siglos para deflectar el viento y proteger casas, animales y siembras.

Las barreras rompevientos actúan:

a. *Reduciendo* la velocidad del viento y la erosión.

b. *Protegiendo* las plantas sensibles al viento.

c. *Modificando* la temperatura del aire y del suelo.

d. *Reduciendo* la pérdida de cosechas ocasionadas por sacudidas y caídas de granos *(Fig.5.17)*.

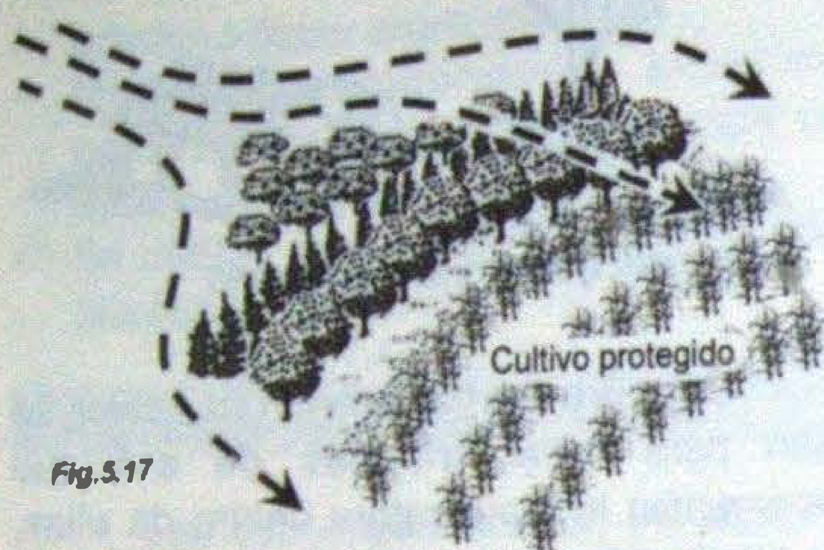


Fig.5.17

e. *Incrementando* la velocidad de las brisas frescas para bajar la temperatura *(Fig.5.18)*.

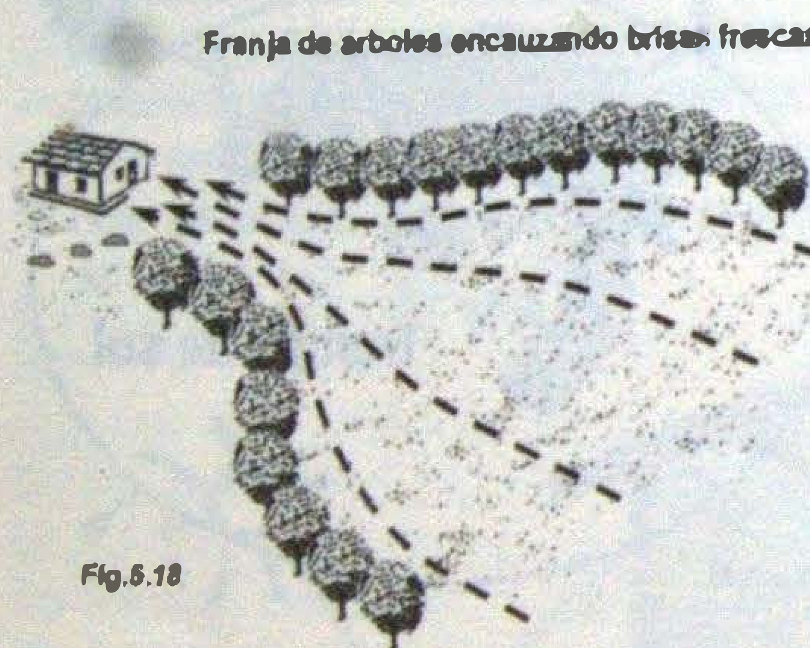


Fig.5.18

- *Coberturas*

Básicamente hay dos tipos de coberturas: verdes y secas.

Cobertura verde. Si se tiene una tierra pobre (sin fertilidad) que casi no produce, se le puede sembrar un cultivo de cobertura; puede ser rastrero (combinación de leguminosas con gramíneas), o en arbusto (crotalaria, palo dulce, etc) ambos reducen la temperatura del suelo, evitan la evaporación, mejoran la fertilidad moviendo minerales del subsuelo, aumentan la fijación de nitrógeno atmosférico y mantienen la humedad.

Las **coberturas secas** están en función del clima, del cultivo y de la disponibilidad del material para acolchar. Para implementarlo se cubre la tierra con hojas de papel periódico, cartón, alfombra vieja o ropa desechada y encima se cubre con hojas secas, aserrín, paja, rastrojo molido, piedras y cualquier otro material. Una doble función de este tipo de acolchado es la de control de hierba. En caso de instalar riego por goteo, la manguera se sitúa hasta abajo, después va el periódico y encima de todo va la materia orgánica como hojas secas o rastrojo *(Fig.5.19)*.

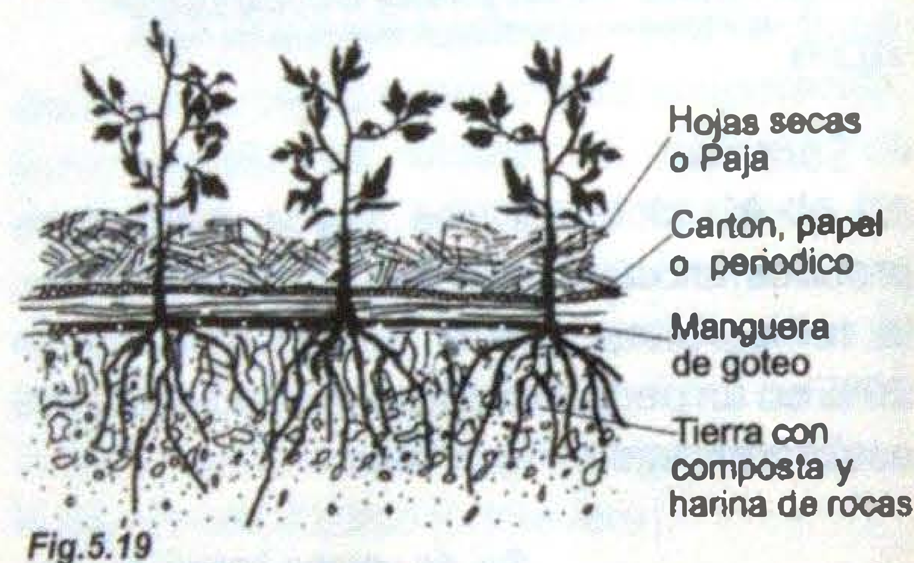


Fig.5.19

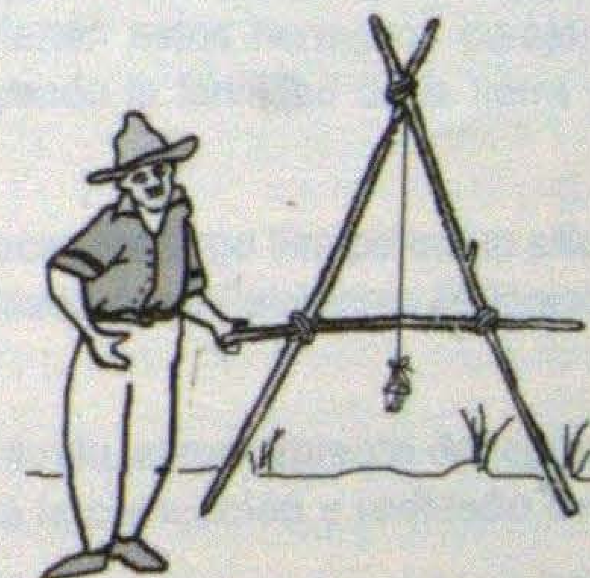
Estas técnicas también se utilizan en los árboles frutales y maderables (en su etapa inicial). Para ello se cubre ei área que rodea al tronco, ya sea con material seco de cualquier índole *(Fig.5.20)*, o sembrando algún cultivo de cobertura como cacahuatillo (*arachis pintoe*), frijol mocuna, canavalia, clitoria, trébol rojo y blanco, según sea el clima.



Fig.5.20

Capítulo VI

Hidrología y Topografía



La tierra,
al recibir el agua de lluvia,
le ordena "ve por aquí o ve por allá"
y el agua responde "sí, pero ¡tú vente conmigo!"

CAPÍTULO SEIS
Hidrología y Topografía

Introducción al Diseño Hidrológico

El objetivo de la agricultura es alimentar y vestir a la gente. Hay dos cosas que garantizan que esto suceda con la máxima eficiencia: primero, la agricultura debe ser próspera y segundo, la fertilidad del suelo debe mejorar constantemente. P.A. Yeomans

Para *Trabajar con la Naturaleza* primero hay que observarla, uno de sus aspectos más importantes es justamente el agua y su relación con la tierra. El carácter particular de un paisaje está en función de las relaciones armoniosas que en él mantienen el calor, el agua, el aire y la tierra. Bellas extensiones de praderas, rodeadas de franjas arbóreas que les protegen de los fuertes vientos y el sol implacable, fertilizadas por las aportaciones minerales de las grandes formaciones rocosas, enmarcan fértiles valles irrigados y adornados con abundante vegetación que se multiplica hasta donde alcanza la vista *(Fig.6.1)*. Los paisajes conservados de esta manera son escasos hoy en día, la intervención del hombre con sus prácticas de agricultura de explotación sin respeto al *Patrimonio Biológico* (las tierras y el agua), convierten estos hermosos parajes en áreas desoladas sin árboles ni cobertura alguna, destruyendo la fertilidad de la tierra y provocando su pérdida por la erosión del viento y del agua.



Fig.6.1

Cualquier emplazamiento humano, que busca permanecer por largo tiempo en un sitio determinado, debe tener muy claro que es indispensable el cuidado de su Patrimonio Biológico (sus tierras, el agua que corre sobre y debajo de ellas y el aire).

La comprensión de la influencia del viento, el sol, la lluvia, el movimiento del agua sobre la superficie y la salud del suelo, son las bases para la planeación y rediseño de cualquier terreno.

Para captar la dimensión de la importancia del manejo de la tierra y el agua, basta con recordar que sin tierra arable no hay civilización. **El suelo es el elemento que mayor efecto tiene sobre el clima y viceversa.**

El Diseño Keyline consiste en una serie de principios, técnicas y sistemas que se utilizan para coordinar un plan de desarrollo rural o urbano, que redunda en la regeneración y embellecimiento de las tierras y el paisaje. Caminos, franjas de árboles en curvas a nivel,

construcciones, potreros, cercas, subdivisiones, canales de desviación y/o infiltración de agua, represas o reservorios de agua, cultivos, huertas y praderas para el pastoreo, encajan con todo un sentido lógico dentro de la planeación. Los Principios del *Diseño Keyline* fueron desarrollados por el australiano P.A. Yeomans, y sirvieron de inspiración para que, con ayuda de su maestro Bill Mollison, el entonces estudiante de Diseño Ambiental, David Holmgren, conceptualizara la Permacultura. Desde entonces, Mollison promocionó mundialmente el concepto llevándose casi todos los créditos. Si bien, a David se le reconoció su labor, al señor P.A. Yeomans se le reconocieron muy poco sus fundamentales y valiosas aportaciones al ahora mundialmente famoso movimiento de la Permacultura (su nombre se menciona en el libro de *Introducción a la Permacultura* de Bill Mollison).

La traducción literal de las palabras *Keyline* y *Keypoint* son *Linea Clave* y *Punto Clave*. Considero que es de suma importancia conocer el origen del conocimiento y la historia de personas que, con su inteligencia y desinteresado esfuerzo, han aportado valiosos conocimientos para beneficio de la humanidad entera y el planeta, como es el caso de la familia Yeomans. Cualquiera que desee profundizar en el diseño Hidrológico debe contar con todas las publicaciones de Percival Alfred Yeomans y su hijo Ken Yeomans, quien tiene varias publicaciones importantes así como el desarrollo de implementos y maquinaria agrícola apropiada para un manejo sustentable de las tierras.

Muchos de los aspectos del *Diseño en Lineas Clave* se están ya practicando en la agricultura Australiana; barreras de árboles, la ubicación y el diseño de reservorios, represas, jagüeyes o tanques de agua, el uso de canales de infiltración a nivel para conducir agua hacia (o desde) los reservorios y para irrigar desde estos canales, son éstas algunas de las estrategias propuestas por este sistema. En México, cada vez más se generaliza el cultivo *sin voltear la tierra*, la *labranza cero* y *la labranza de conservación, con el arado de cincel de subsueleo al ras*, y conforme aumentan los precios del petróleo, se disminuye paulatinamente el uso de agroquímicos.

Otra de las aplicaciones del concepto de *Diseño Keyline en Líneas Clave* es la planeación y diseño de desarrollos urbanos sustentables. Originalmente, este concepto fue concebido para transformar tierras pobres en tierras fértiles, y hacer de la agricultura una actividad lo más rentable en el menor tiempo posible, y no tanto para hacer Agricultura Orgánica ni mitigar el impacto del Calentamiento Global. Sin embargo, para *Ken Yeomans, el Diseño en Lineas Clave* resulta ser totalmente relevante en relación a la Agricultura Orgánica y al Calentamiento Global, ya que el mejor camino para lograr sus objetivos fue la transformación de suelos a tierras fértiles, las cuales acumulan enormes cantidades de dióxido de carbono. Yeomans asegura que la adopción generalizada de los *Principios Keyline (Linea Clave)* es probablemente el movimiento más práctico y rentable que la agricultura debería adoptar para lograr superar el Cambio Climático.

Todo mundo sabe que las grandes transnacionales promueven sus productos induciendo a las agencias de gobierno a escuchar y aceptar los materiales promocionales que producen. La mayoría de los gobiernos aceptan el concepto (prefabricado) de que una "buena agricultura" requiere grandes cantidades de insumos agroquímicos, mucho riego y enormes tractores. Desafortunadamente, éste y otros tipos de adoctrinamiento han provocado la contaminación de las tierras al igual que del agua que corre en ellas; ha impedido también su regeneración y la captura del tan temido dióxido de carbono dentro de ellas; así como ha provocado la erosión y pérdida de millones de toneladas de tierra fértil que termina siendo arrastrada al fondo del mar; al igual que ha compactado los suelos cada vez más, convirtiéndolos en duros y enormes terrones *(Fig.6.2)* que cada año requieren de máquinas más grandes para ser trabajados.


Fig.6.2

Además de todo lo anterior, ha promovido el desplazamiento y la miseria de millones de campesinos en todos los países, para dar paso a la famosa agroindustria, de la cual, en el mejor de los casos, el campesino se convierte en servil obrero. (En la foto, Jairo Restrepo en México, amontona algunos de los terrones producidos por la severa compactación de la maquinaria en este terreno). Por el otro lado, la Agricultura Ecológica en combinación con el Diseño Hidrológico, le confieren al campesino el conocimiento y sabiduría necesarios para entender y respetar las leyes de la naturaleza y trabajar con ella (no en su contra).

El agricultor que considera sus tierras como un organismo vivo del que dependemos todos los seres, y que comprende el papel tan decisivo que tienen los microorganismos, la materia orgánica y los minerales en el suelo, busca el manejo de los equilibrios naturales, encaminados a mantener (por medio de la prevención) los cultivos sanos, trabajando con las causas y no con los síntomas *(Fig.6.3)*.

Por lo que una de las primeras acciones que se implementan con el Diseño Keyline es la eliminación (por completo) de la erosión de las tierras y el incremento sustancial de su biomasa, reduciendo con esto, el lavado de sus elementos minerales por la acción del agua.

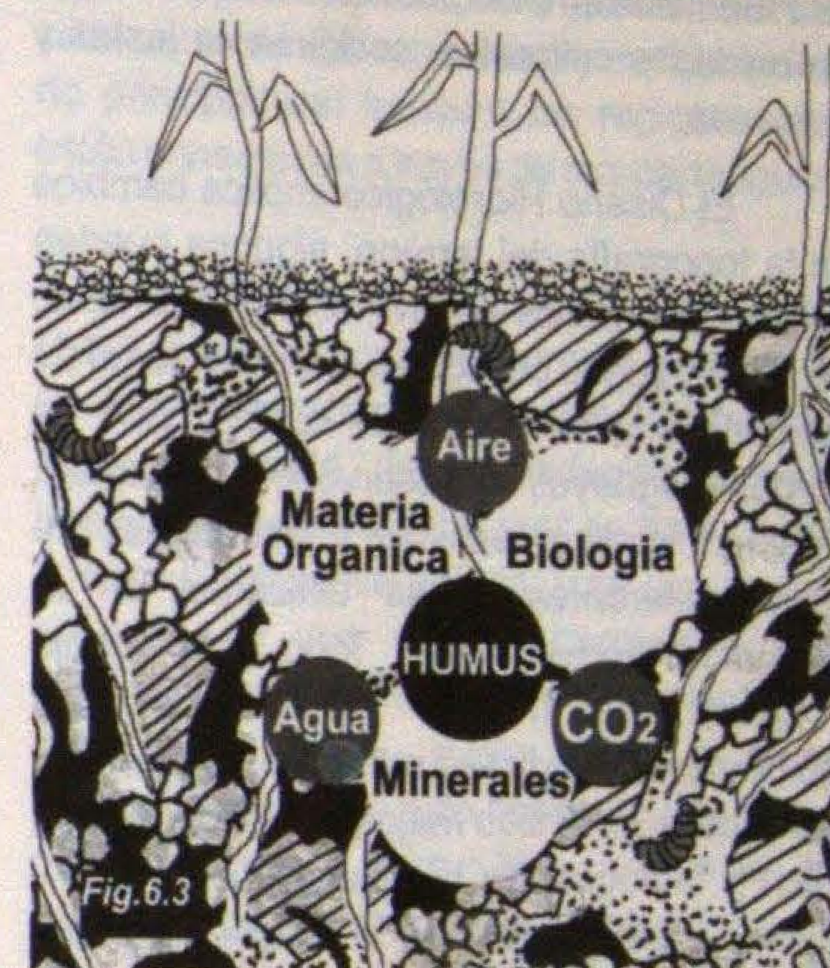


Fig.6.3

Salud del Suelo

Estas acciones permiten al campesino y agricultor empezar a trabajar con tecnologías apropiadas y a su alcance (para él y por él mismo), pues permite el dominio tecnológico social (*la tecnología en manos de quien la trabaja*). Lo que le conduce a detectar y aprovechar los recursos locales de manera racional, protegiendo el uso de los recursos renovables y disminuyendo el uso de los no renovables. Al acabar con el uso y consumo de los aportes energéticos, ligados a los insumos externos, se elimina la dependencia exterior de los mismos (o sea, se eliminan el uso de plaguicidas, fertilizantes, fungicidas

y otros venenos sintéticos) cuyos residuos contaminan las cosechas, el suelo y el agua. Al terminar con los riesgos asociados por el uso de agroquímicos tóxicos artificiales y bioacumulables, se favorece la salud de campesinos, agricultores, productores, consumidores y el entorno natural. Todo esto estimula la autogestión y autonomía del medio rural. Se fomenta y retiene la mano de obra en el campo, lo que promueve una economía regional (no globalizada), manteniendo así, una fuente de empleo permanente que trabaja en unidades culturales, socialmente justas y humanas.

El Diseño Hidrológico implica cambios en la topografía del terreno, algunos pueden ser implementados a mano, como los canales, caminos y zonas boscosas; otros requieren de maquinaria pesada para la construcción de bordos (jagüeyes o reservorios de agua). También implica técnicas y estrategias de cultivo diferentes a las utilizadas en la agricultura convencional. Todo este trabajo prepara las tierras para: absorber rápidamente y cada vez más, el agua de lluvia; mantenerla en el sitio mejorando la capacidad física y biológica de la misma; desarrollar y hacer más profunda la capa vegetal; regenerar la estructura de las tierras y eliminar su erosión y salinidad. De hecho, un buen diseño incrementa la actividad microbiológica en la tierra mucho más que en su estado natural, lo cual redunda en el aumento de la fertilidad y elimina los fertilizantes comerciales.

Paisaje, Agua y Topografía

Conocer las leyes que rigen el flujo de aguas sobre el terreno, entender las formas básicas de la topografía de los terrenos, y apreciar cómo fueron diseñadas para deshacerse de las escorrentías lo más rápido posible, así como saber clasificar y purificar las aguas que provienen de nuestros terrenos, son conocimientos que nos dan el punto de partida para entender y asimilar los principios y criterios del *Diseño Hidrológico* en Líneas Clave para re-diseñar nuestros terrenos con el fin de diseñar o mejorar su calidad y productividad.

Dado que cada terreno es topográficamente diferente a cualquier otro, todas las líneas de flujo del agua van a ser diferentes de acuerdo a las variaciones de cada terreno en particular, por lo tanto, cada diseño, a su vez, va a ser único pues va a estar adaptado a las condiciones topográficas particulares de cada terreno.

La Geografía del Paisaje Natural

Un paisaje puede estar constituido por tres aspectos diferentes: valles (planos), montañas (elevaciones) y cuerpos de agua como charcos y lagos (depresiones). Cada una de estas topografías tiene una influencia muy particular en el comportamiento del agua, induciéndola a adoptar 3 formas y flujos muy característicos *(Fig.6.4)*.

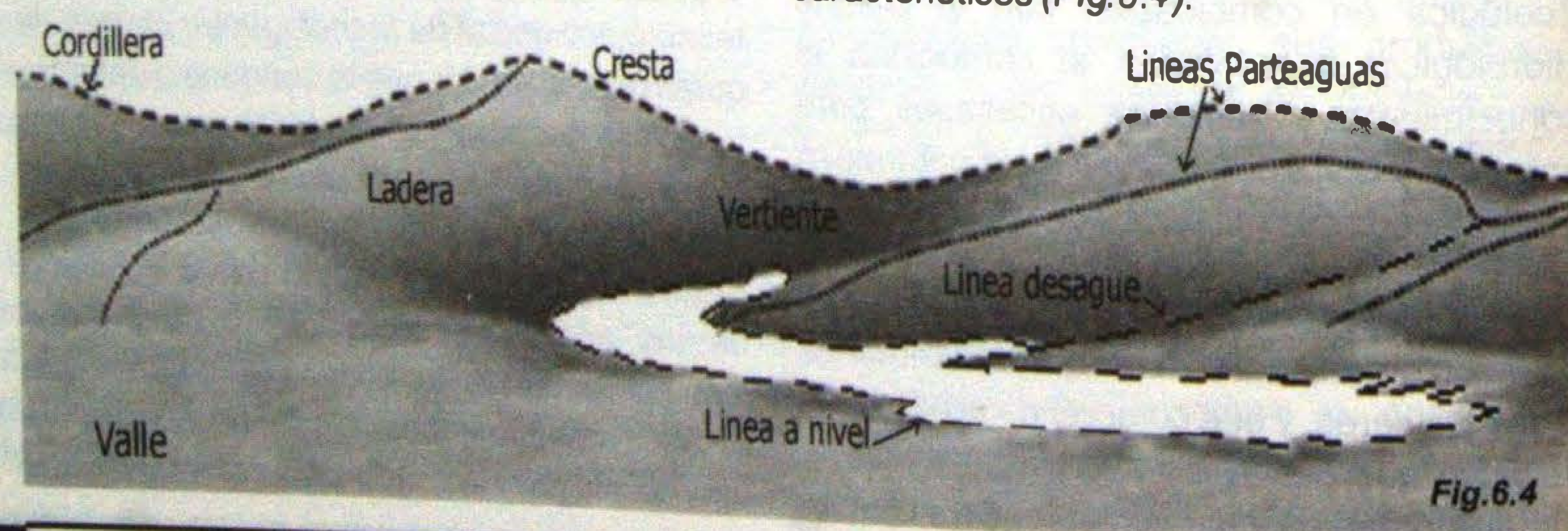


Fig.6.4

Los Valles. Son llanuras de tierra entre montes o alturas. Un valle también se forma cuando la vertiente entre dos laderas se abre, su grado de inclinación disminuye y forma un espacio amplio de menor inclinación.

Las Cumbres o Cordilleras. El primer punto que toca el agua al descender de las nubes es *la Cumbre Principal* de las montañas en el horizonte, cuya cresta es el lomo que hace un terreno continuo e igual y que parece ir a cordel. Es la parte más alta del mismo, la cordillera que enlaza las crestas de todas las colinas, cerros y montañas, este punto es lo que define la cresta de cualquier elevación como una ***línea divisoria natural*** del paisaje.

En las regiones montañosas o de relieve acusado, la *línea divisoria* se detecta muy fácilmente, ya que está marcada por las crestas y elevaciones donde se unen las últimas vertientes que enmarca una *cuenca hidrográfica*. Por el contrario, encontrar una línea divisoria en las regiones pantanosas puede resultar casi imposible. **Es en esta *Línea Divisoria* donde se asienta la *Línea del Parteaguas*.** El agua que cae sobre esta *línea parteaguas* puede ser dirigida hacia un lado u otro de la cima a tan sólo un centímetro de distancia *(Fig.6.5)*.

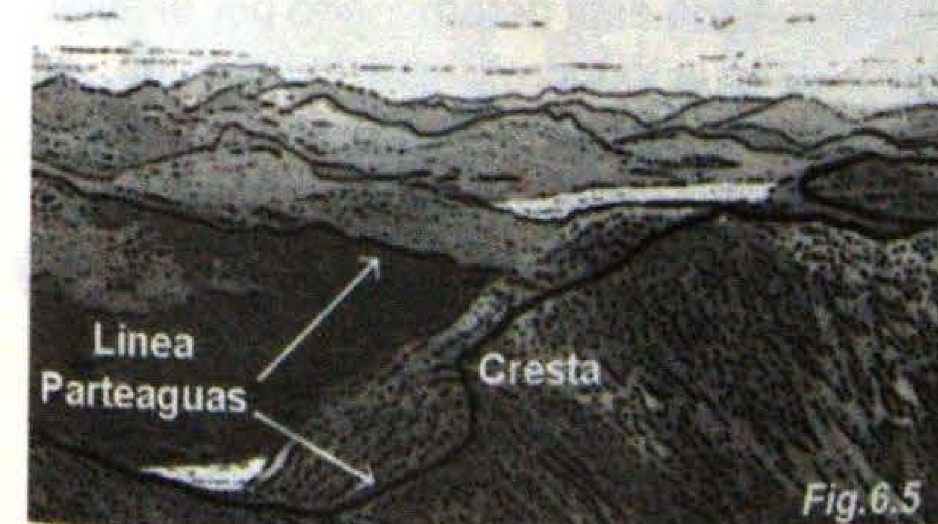


Fig.6.5

La Línea Parteaguas es la que divide a las grandes regiones del planeta y contiene al agua dentro de sus confines hasta cierto nivel, el cual está determinado por el punto más bajo de la cresta y a partir del cual empieza a subir de nuevo (es aquel que buscan los constructores de caminos y que le llaman el "paso" o meseta), aquel al que el señor Yeomans le nombró el ***Punto Clave de la cordillera principal***, también conocido como el *divortium aquarum* o *línea divisoria de vertientes*, es la línea que separa a dos o más cuencas vecinas. Esta es la divisoria de aguas utilizada como límite entre dos espacios geográficos o cuencas hidrográficas. Así como los lugares bajos dentro de las grandes regiones, están conectados por la unión de cada curso de agua, corriente y río tributario al río principal; así también las regiones altas están conectadas a través de sus parteaguas.

Una *cuenca hidrográfica* se define como el espacio geográfico que contiene los escurrimientos de agua y que los conduce hacia un punto de acumulación *terminal*, cuando este punto es el mar se trata de una cuenca hidrográfica abierta, y de otra manera se trata de una cuenca cerrada. En las cuencas coexisten todos lo recursos naturales renovables: agua, suelo, flora y fauna. Generalmente para este concepto se utiliza el término *cuenca hidrográfica*, mientras que *cuenca hidrológica* se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica.

Las Laderas. Si uno se ubica en la cima de una montaña y observa a ambos lados, se verían *laderas* bajando hacia los arroyos aledaños, uno a cada lado de la cima *(Fig.6.6)*, a estas laderas se les llama

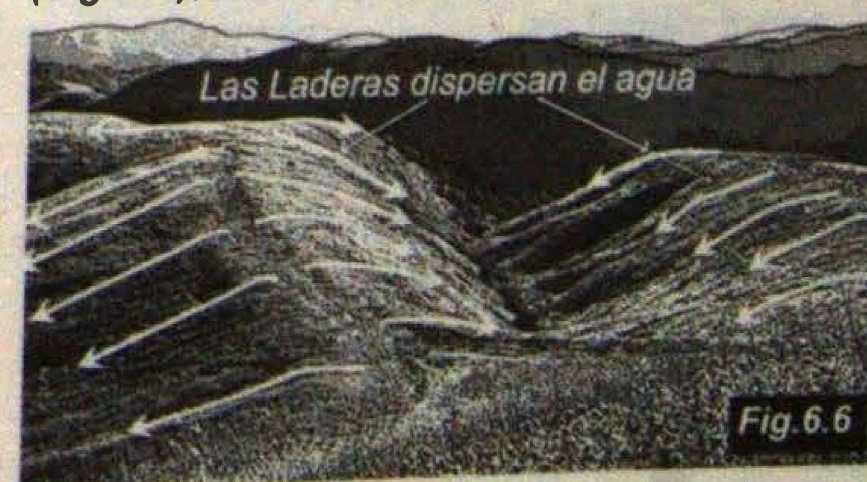


Fig.6.6

laderas primarias. Esta es la forma más grande en el paisaje debido a que hay muchas más laderas primarias que laderas principales (aquellas de las parten las laderas primarias). Las laderas actúan de la misma forma que su cordillera madre, desviando el agua a las vertientes, a un lado y otro a partir de su propia línea parteaguas. ***La función principal de la ladera es dispersar el agua que escurre sobre la superficie del suelo durante las lluvias.***

Las Vertientes. Cuando dos laderas se unen entre sí forman una *vertiente*, la cual es un sitio por donde corre (o puede correr) el agua. Aunque el término ***Vertiente*** también se usa para señalar un costado u otro del parteaguas de una montaña (por ejemplo la vertiente norte del Himalaya), en este libro se utilizará este termino en el primer sentido descrito. A las vertientes que se forman a cada lado de la *cresta principal*, se les llama *vertientes primarias*, y son las formas más pequeñas del paisaje. Es en las vertientes donde se encuentra la ***línea de agua de desagüe*** *(Fig.6.7)*, marcada en el paisaje por el agua al correr en su inexorable camino al mar, está dibujada por el centro de todos los riachuelos, arroyos y ríos del planeta.

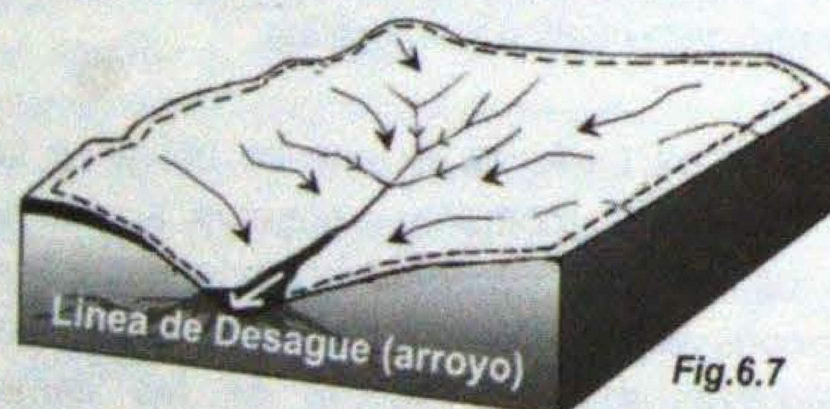


Fig.6.7

Se llaman divisorias, (divisorias de aguas o divisorias de vertientes), a las líneas de separación que se pueden trazar entre cuencas hidrográficas o vertientes adyacentes y suelen coincidir con crestas montañosas, en las que cada lado conduce sus aguas hacia cauces, cuencas o mares distintos.

La función principal de la vertiente es acopiar y encauzar el agua que escurre sobre la superficie del suelo durante las lluvias *(Fig.6.8)*.



Fig.6.8

Las depresiones son lugares donde la topografía forma los vasos *que dan origen a lagunas, lagos, estanques y cualquier otro manto de agua contenido dentro de un espacio.*

El agua, al entrar en contacto con la tierra (ya sea un charco, un lago o el mar), dibuja una ***línea a nivel*** que se adapta al contorno de la tierra formando una curva desigual, de aquí su nombre ***curva a nivel*** o ***contorno a nivel.***

El nivel máximo del contorno de un manto de agua está determinado por el punto más bajo en la topografía que lo contiene, del cual empezará a fluir (a través de una *línea de desagüe* hacia el siguiente manto de agua).

El diseño del paisaje en la naturaleza es una composición de *Valles, Laderas y Vertientes*, y sus respectivas líneas de agua *parteaguas y desagües* (aparte de las curvas a nivel) cuyos patrones de ramificación, son la antitesis uno del otro, jamás se tocan y sin embargo demarcan el paisaje en toda su expresión, conduciendo al agua y ésta, a su vez, va arrastrando y modificando la tierra que la guía de regreso al mar.

La evolución del suelo y su efecto en el paisaje

El diseño de las líneas de agua parece estar creado con el propósito de deshacerse del agua lo más rápido posible. Todas las formas de la topografía tienen una eficiencia absoluta en este sentido. Durante millones de años, los volcanes, la fuerza del viento, el sol y la lluvia, moldearon implacablemente el paisaje, erosionándolo y buscando arrastrarlo al mar a través de las tres líneas de agua (línea parteaguas, línea de desagüe y línea a nivel).

Un momento clave en la evolución de la vida fue cuando el mundo vegetal se asentó en la tierra. Hace alrededor de 400 millones de años pequeños filamentos de alga en agua dulce empezaron a sobrevivir sobre las piedras, dando inicio a la evolución de las plantas que empezaron a cubrir la superficie terrestre protegiéndola de la incontenible acción de los fenómenos meteorológicos *(Fig.6.9)*.

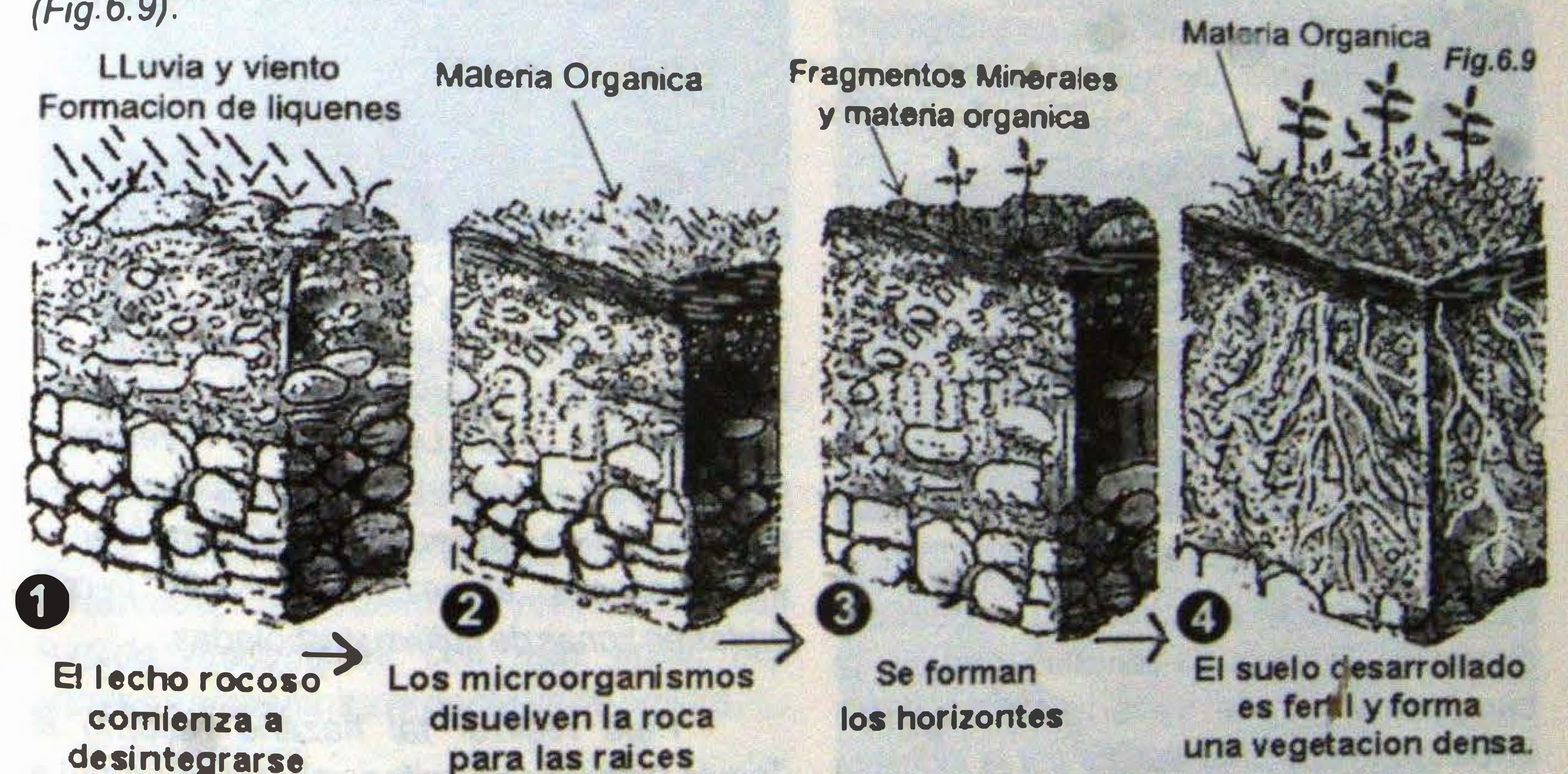


Fig.6.9

De las primeras especies que empezaron a beneficiarse con la asociación de sus raíces con microorganismos (para la disolución de roca) fueron los líquenes, después aparecieron los helechos y así sucesivamente hasta que se cubrió una gran parte de la tierra firme, con el tiempo, **la vegetación (y toda la vida que trae consigo) se convirtió en el elemento de resistencia que le da estabilidad al paisaje.**

Los impactos del agua, la acción del sol y de los vientos son atenuados por la fina capa vegetal que cubre la tierra.

Su acción evolucionó imperturbable hasta la llegada de los seres humanos, quienes inicialmente, y al estar necesitados de combustible, empezaron a deforestar algunas zonas del planeta.

El descubrimiento del metal les facilitó el dominio de la vegetación, sin embargo, fue el descubrimiento del petróleo y el consiguiente desarrollo de la agricultura moderna industrializada lo que vino a **invertir el proceso evolutivo del planeta**, debido a la sistemática destrucción del suelo.

Hoy, mantenemos millones de hectáreas deforestadas, para producir nuestros alimentos desafiamos las leyes de la evolución de la vida, promoviendo la pérdida irreversible del patrimonio que nos fue prestado, la tierra fértil.

Gobiernos y Universidades permanecen impasibles y mudos ante los miles de ríos teñidos de color marrón que arrastran nuestros suelos al mar. Pareciera que están dispuestos a perderlo todo antes que hacer algo para revertir el proceso involutivo al que hemos entrado, a saber, *la destrucción sistemática de la cubierta vegetal que sustenta la vida en La Tierra (la pérdida irreversible del Capital Biológico de cualquier país).*

Cada vez que un campesino voltea la tierra destruye su biología y origina la rápida oxidación de su materia orgánica, perdiendo así el potencial biológico que le aporta la fertilidad tan necesaria para sus cultivos, además de provocar la inexorable erosión y pérdida de su único patrimonio -sus tierras- *(Fig.6.10).*



Fig.6.10 Destruyendo el patrimonio

Es justamente en este punto donde el *Diseño Keyline* adquiere su verdadera dimensión. A través de sencillas técnicas, el campesino puede revertir el proceso involutivo al que fue inducido por la industria agrícola, activar la *regeneración* de sus tierras y por ende la regeneración de vida y del entorno que le rodea en beneficio de su persona, su familia y su comunidad, convirtiéndose en partícipe creativo del plan de evolución planetaria.

Nota del autor

Justo cuando estaba revisando este capítulo, recibí un correo con la historia de **Jesús León Santos,** me pareció tan relevante que decidí incluirla en el libro como testimonio de que el hombre (a pesar de sus limitaciones) puede llevar a cabo una obra digna de ser reproducida en todo el mundo.

Un caso ejemplar

Jesús León recuerda cómo en su tierra, desolada y desprovista de toda vegetación, ya no corría el agua y la vida apenas se aferraba a un poco de esperanza en su corazón. Salir adelante en la vida era difícil y la mayoría de sus paisanos tenían que emigrar al norte (Fig.6.11).



Fig.6.11

Un buen día, con escasos 18 años, decidió cambiar el paisaje donde vivía en aquellos tiempos (la Mixteca Alta "La Tierra del Sol", México), Jesús León decidió reverdecer los campos y, recurriendo a técnicas agrícolas precolombinas aprendidas de indígenas guatemaltecos, empezó a convertir tierras áridas en zonas de cultivo y arboladas.

Para realizar tal hazaña recurrió al Tequio (trabajo comunitario no remunerado) a través del cual involucró a unas 400 familias de 12 municipios, creó el Centro de Desarrollo Integral Campesino de la Mixteca (Cedicam) y con recursos económicos limitadísimos, se lanzaron en la gran batalla contra la principal culpable del deterioro, la erosión.

Jesús y sus amigos impulsaron un intenso programa de reforestación en su bioregión.

Tal y como lo narra el artículo escrito, a pico y pala cavaron zanjas-trincheras para retener el agua de las escasas lluvias, sembraron árboles en pequeños viveros, trajeron abono y plantaron barreras vivas para impedir la huida de la tierra fértil.

Todo eso favoreció la recarga del acuífero, luego en un esfuerzo titánico, plantaron alrededor de cuatro millones de árboles de especies nativas, adaptadas al calor y sobrias en la absorción de agua.

Después, se fijaron la meta de conseguir la soberanía alimentaria para las comunidades indígenas y campesinas.

Desarrollaron un sistema de agricultura sostenible y orgánica, sin uso de pesticidas, gracias al rescate y conservación de las semillas nativas del maíz, cereal originario de esta región. Sembrando sobre todo una variedad muy propia de la zona (el cajete) la cual es de las más resistentes a la sequía. Se planta entre febrero y marzo, que es allí la época más seca del año, con muy poca humedad en el suelo, pero cuando llegan las lluvias crece muy bien y rápidamente.

Al cabo de un cuarto de siglo, el milagro se ha producido. Hoy la Mixteca Alta está restaurada, ha vuelto a reverdecer, han surgido manantiales con más agua, hay árboles y alimentos y la gente ya no emigra.

Actualmente, Jesús León y sus amigos luchan contra los transgénicos, y siembran unos 200.000 árboles anuales. Cada día hacen retroceder la línea de la desertificación. Con la madera de los árboles se ha podido rescatar una actividad artesanal que estaba desapareciendo, la elaboración de yugos de madera y utensilios de uso corriente en talleres familiares.

Además, en lugares estratégicos se han enterrado cisternas de ferrocemento de más de 10.000 litros de capacidad, que recogen el agua de lluvia para el riego de invernaderos familiares orgánicos.

El ejemplo de Jesús es ahora imitado por varias comunidades vecinas, que también han creado viveros comunitarios y organizan temporalmente plantaciones masivas.

Como mencionaba el correo que recibí, *en un mundo donde las noticias con frecuencia son negativas y deprimentes, esta historia ejemplar ha pasado desapercibida.*

Sin embargo, la labor de Jesús León ha trascendido las fronteras y más que el hecho de que se le haya otorgado el *Premio Ambiental Goldman*, su esfuerzo ha sido reconocido por la tierra que lo vio nacer y que, gracias a su trabajo, ella misma ha vuelto a renacer de la mano de su propia gente que ahora puede ver una vida por delante en su propia región.

Que su entereza nos sirva de ejemplo y esperanza, un mundo mejor es posible, sólo es cuestión de trabajar en la dirección correcta.



Jesús León

Ciencia de la Topografía

Para planear, evaluar y diseñar con precisión, es necesario el estudio de algunos términos y conceptos de Topografía que posteriormente facilitan el entendimiento del Diseño Hidrológico.

Topografía. De *topos*, que significa "lugar", y *grafos* que significa "descripción". Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de *geodesia* para áreas mayores.

Mapa Topográfico. El Mapa Topográfico*(Fig.6.12)* es una representación de la superficie terrestre mediante ***curvas a nivel.***



Fig.6.12 Mapa Topografico Intervalo 1 metro Escala 1:100

El objetivo es mostrar las variaciones del relieve sobre un papel, de tal manera que, en una superficie bidimensional, se puede "ver" cómo seria el paisaje en tercera dimensión, mostrando la ubicación de arroyos, vertientes, laderas, crestas, montañas y otros aspectos topográficos.

Escala: Es la relación de la distancia entre dos puntos mostrados en un mapa, y la distancia entre estos mismos puntos en la realidad.

Elevación: Es la distancia vertical (o la altura) sobre el nivel del mar de la superficie del terreno. Comúnmente se mide la elevación como la altura sobre o bajo del nivel del mar.

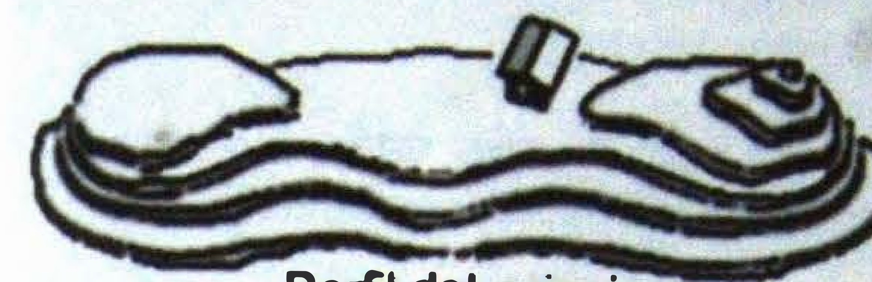
Relieve: *Es una* elevación o depresión de la tierra o del fondo del mar.

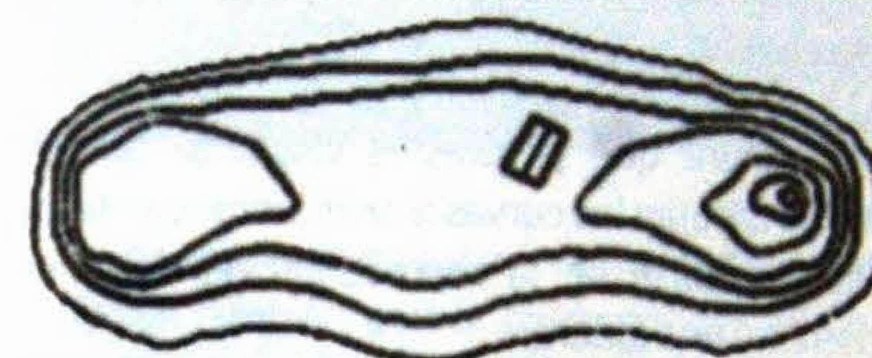
Curva a nivel. También llamada, ***isolinea*** *o contorno* (para una función de diversas variables), la ***curva a nivel*** **es una linea imaginaria en la superficie de la tierra que conecta aquellos puntos que tienen la misma elevación (altura vertical) con respecto al nivel del mar.** Las isolíneas que se representan en un mapa son líneas, rectas o curvas, que describen la intersección de una superficie real o hipotética con uno o más planos horizontales. Vista desde arriba, es la línea marcada por el agua de un charco, un estanque, un lago, o la línea de agua que demarca una isla, es la curva a nivel de ese terreno a esa altura en particular.

La configuración de estas curvas permite a los lectores del mapa, deducir la pendiente del terreno y evaluar su conformación topográfica en un lugar determinado. El uso más habitual de las isolíneas es en cartografía y en meteorología. Un *mapa topográfico* (o mapa de curvas de nivel) utiliza isolineas que unen puntos de igual altitud mostrando la forma de valles, colinas y laderas, así como su inclinación.

En la *Figura 6.13* se aprecia una isla y cómo se veria sin vegetación, a cada metro de altura se le hace un corte que muestra su perfil, el cual, visto desde arriba, manifiesta las curvas a nivel.


El paisaje


Perfil del paisaje


Fig.6.13 Curvas a nivel

Si observamos el mapa completo de una isla, podemos comprobar que todas las curvas se cierran.

Las curvas a nivel tienen dos caracteristicas:

1) Las curvas de nivel siempre se cierran, ya que en todo momento representan la intersección de un plano horizontal con la superficie terrestre y por tanto, definen un polígono cerrado. Normalmente, y debido a la escala del mapa, encontramos curvas de nivel que no llegan a cerrarse en nuestro mapa. Esto es lo que podemos observar si tomamos una pequeña porción de nuestro mapa (recuadro *Fig.6.14*), ahí podemos ver que muchas de las curvas de nivel aparentemente no llegan a cerrarse.

2) La curva que queda encerrada por otra puede indicar una depresión o una cúspide (dependiendo de lo que marca la cota), en el ejemplo de la isla podemos observar cómo las curvas englobadas por otras son de mayor altitud o cota.

El gradiente de la función es siempre perpendicular a la isolínea. Cuando las líneas están muy cerca, la longitud del gradiente es grande: la variación es acentuada.



Fig.6.14

Terminología para Curvas de Nivel:

- ***Intervalo entre contornos*** es la distancia vertical entre dos curvas a nivel. En los planos se puede encontrar indicado en la parte inferior, ya sea en metros o en pies, este valor también se puede calcular a partir de los valores asignados a las curvas en el plano.

Para calcular la elevación de un punto, primero se determina el *Intervalo entre contornos*. Este intervalo es el valor que existe entre un contorno y otro, por ejemplo: si la numeración entre los contornos es 10, 20, 30, 40 mts, el intervalo (o sea la distancia vertical entre los mismos) es de 10 metros.

- ***Curva a Nivel Indicativa.*** Para facilitar la visualización de las curvas en un plano, generalmente se les dibuja en dos diferentes grosores y se rotulan o etiquetan numéricamente: de esta forma, la dirección

del gradiente puede ser fácilmente apreciada. Los planos muestran algunas líneas más negras y anchas que las demás líneas *(Curvas a Nivel Indicativas)* y que tienen marcado el valor de la elevación en varios intervalos como parte de la línea. Estos contornos generalmente se marcan cada 5 líneas. Como primer paso para determinar la elevación de un punto, se utiliza la *Curva de nivel indicativa* más cercana al mismo. Después se sigue la línea hasta que encontrar el número asociado a ella. Aquí comienza el "proceso de conteo" que permite determinar la elevación del punto, sino hay ningún valor en la línea, entonces se usan otras líneas para determinar el valor. Para comprender mejor los patrones de las curvas, trata de resolver los siguientes ejercicios:

Ejercicio 1

Viendo formas de las montañas

Observa las siguientes representaciones, se trata de 4 montañas diferentes. Cada una de las cuatro montañas está representada abajo por sus curvas de nivel. Te puedes fijar en lo siguiente *(Fig.6.15)*:

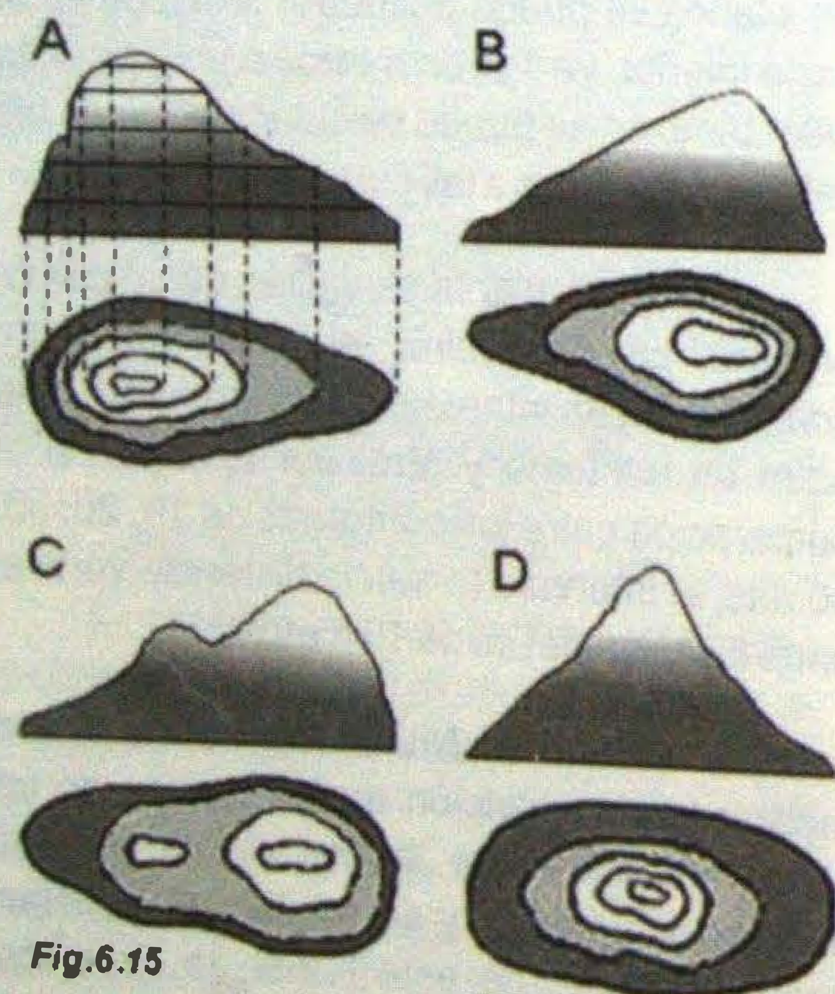


Fig.6.15

A) Cada curva coincide con un nivel del perfil; las curvas están relacionadas con colores, a más oscuro el color, más bajo el nivel.

B) Todas las curvas de nivel son cerradas y cuanto más se aproximan, quiere decir que hay mucha pendiente en el terreno.

C) Si las líneas de nivel están muy separadas, quiere decir que hay poca pendiente.

D) Cuando hay dos o más picos en las montañas, se dibujan como círculos (deformes) al centro de las demás líneas.

Ahora que ya puedes visualizar un poco cómo se dibujan las curvas a nivel, vamos a ver cuál es la diferencia en la representación entre una vertiente y una ladera.

Ejercicio 2

Diferencia entre vertientes y laderas

La ilustración muestra un relieve (montaña) con una vertiente a su derecha *(Fig.6.16)*.

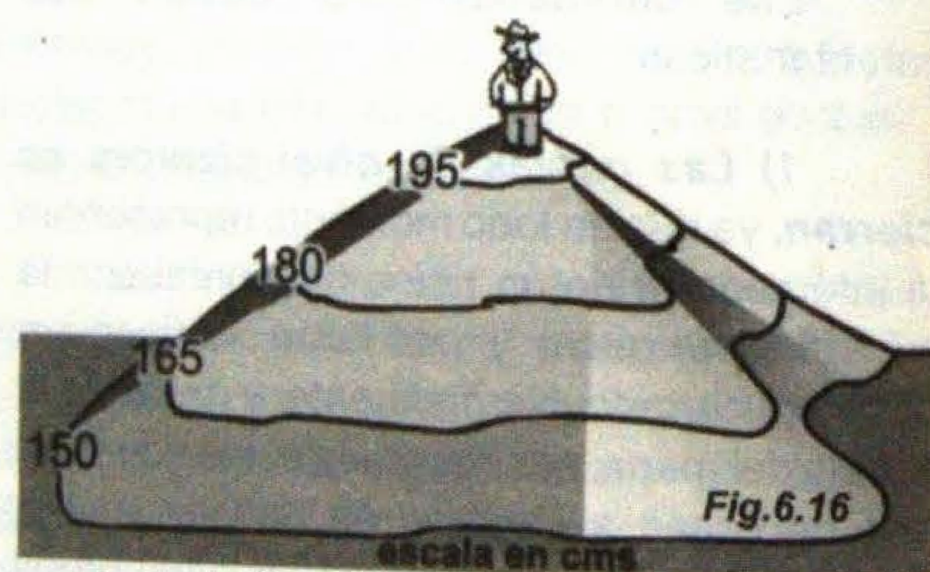


Fig.6.16

Observa la numeración de las cotas que marcan los intervalos indicativos (150, 165, 180 y 195), lo cual indica la dirección de la pendiente (a mayor valor numérico corresponde mayor altura, entre más claro el color, más alto está el nivel).

Advierte cómo las vertientes se dibujan al contrario de las laderas, si estás parado en la parte más alta la vertiente se ve como una "U" (más ancha o más angosta según sea el caso), y la ladera se ve como una "U invertida", lo único que las diferencia en el plano es la cota que marca la dirección de la pendiente *(Fig.6.17)*.

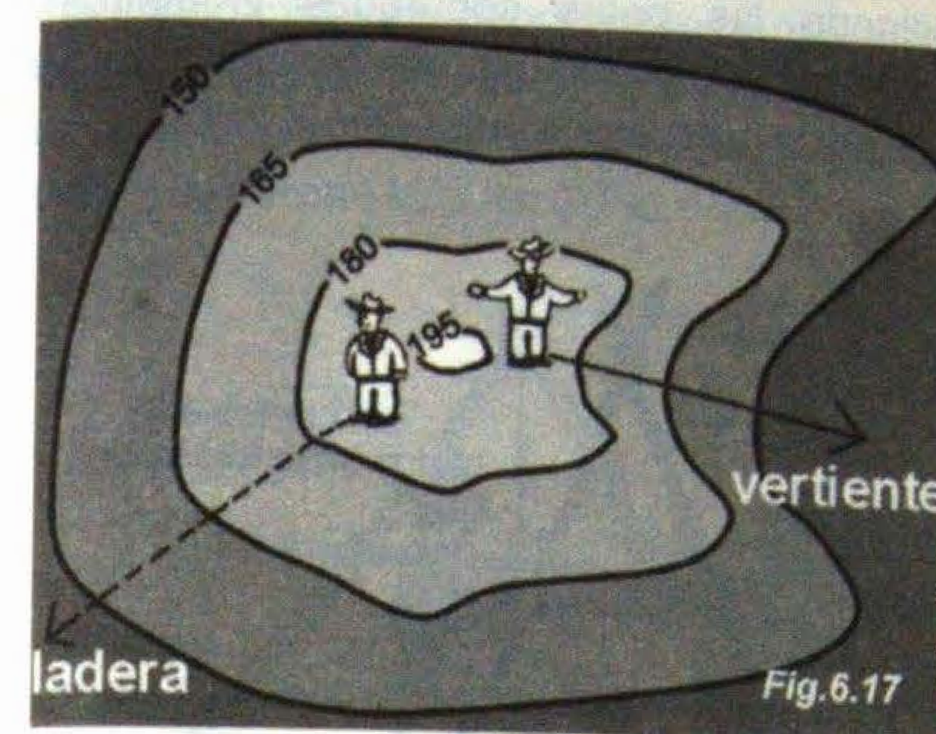


Fig.6.17

Si esta cota no estuviera marcada, el plano de curvas también podría corresponder al dibujo de abajo, el cual ilustra una depresión que puede ser una laguna, un lago, un charco o simplemente un agujero en el paisaje *(Fig.6.18)*.



Fig.6.18

Ejercicio 3

Asociando perfiles con curvas

Observa la Figura 6.19 con diferentes montañas en la columna izquierda. A cada una le corresponde alguna de las curvas representadas en la columna a la derecha. Busca la correspondencia correcta.

¡Inténtalo!

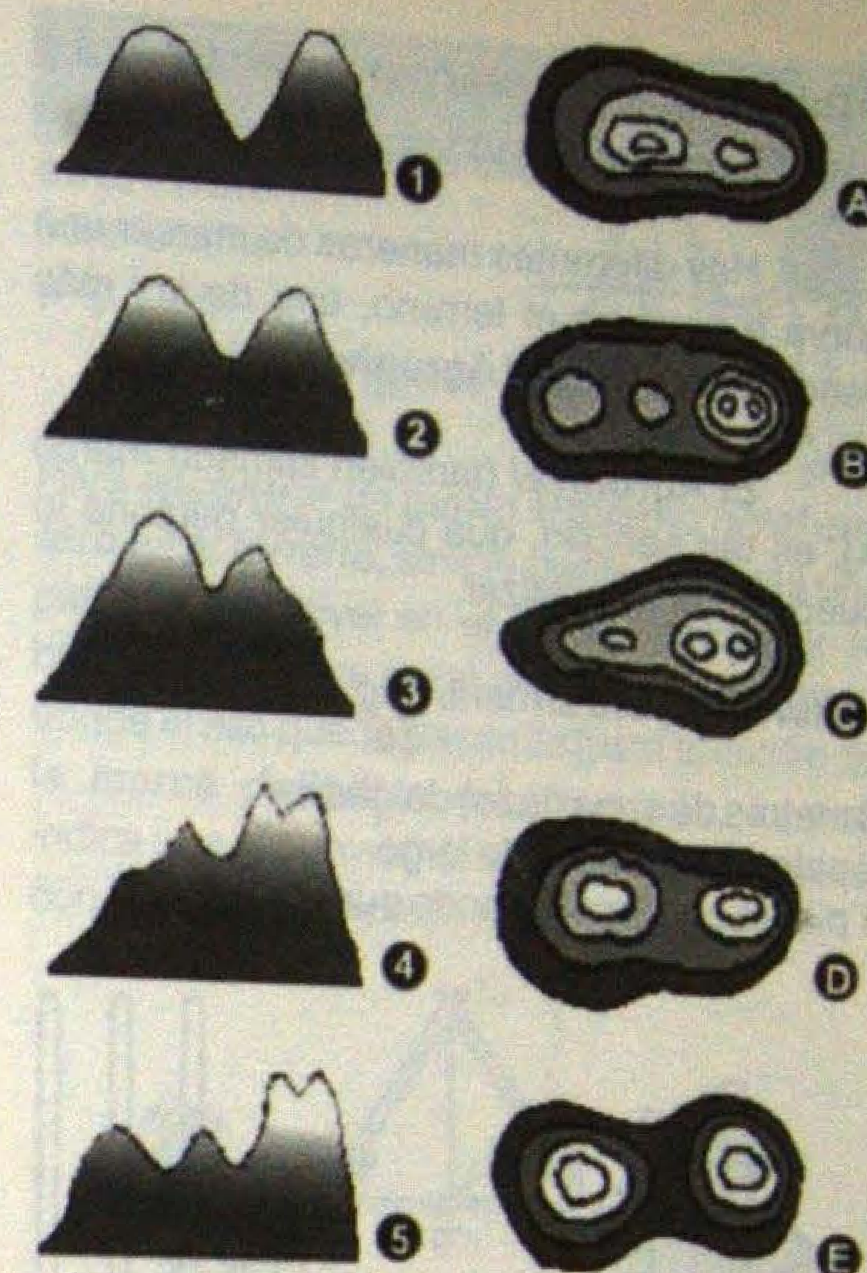


Fig.6.19

Ejercicio 4

Viendo vertientes y laderas, al revés y al derecho

Con un papel, cubre la columna derecha de números y basándote en la columna izquierda, determina: 1. qué parte de la ilustración es vertiente y qué es ladera, 2. La dirección de la pendiente. Luego cubre la columna izquierda y repite el ejercicio tomando en cuenta los números de la columna derecha *(Fig.6.20)*.

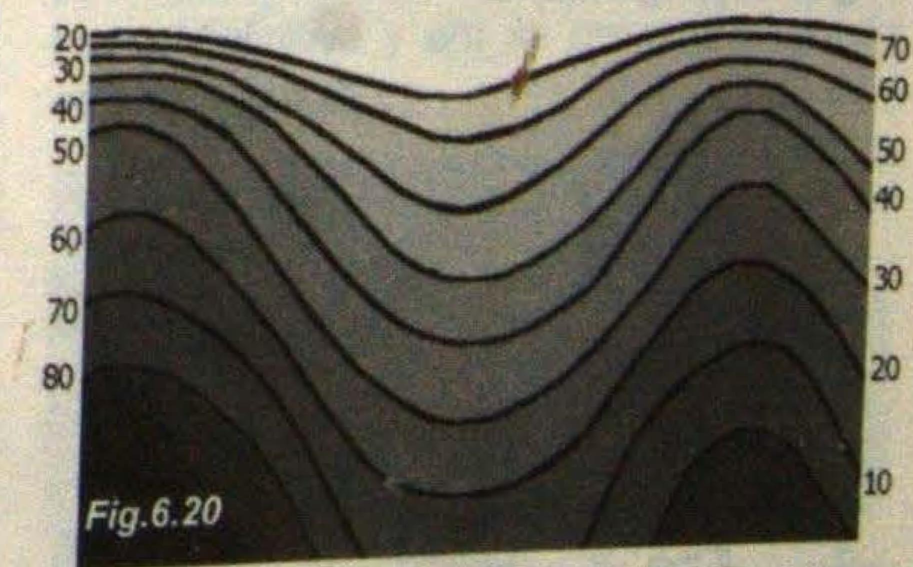


Fig.6.20

Respuestas a Ejercicio 3: 1E, 2D, 3A, 4C, 5B

Aparatos para marcar una curva a nivel en el terreno

Hay diferentes maneras de marcar una curva a nivel en el terreno, una de las más sencillas es utilizar el **Agronivel**.

El Agronivel (también llamado marco A), es tan sencillo, que cualquier persona lo puede fabricar y utilizar.

Materiales para armarlo *(Fig.6.21)*:

3 metros de soga (lazo) delgada.
3 palos de 2 metros de largo.
1 piedra poco más grande que el puño.



Fig.6.21

Construcción del Agronivel

1. Primero se amarran fuertemente las puntas de dos de los palos (éstos van a ser los largueros) *(Fig.6.22)*.



Fig.6.22

2. Se amarra el travesaño a cada uno de los largueros (más o menos a un metro de altura y dejando las patas separadas 2 metros), cuidando que también quede bien amarrado y que no se muevan los palos *(Fig.6.23)*.

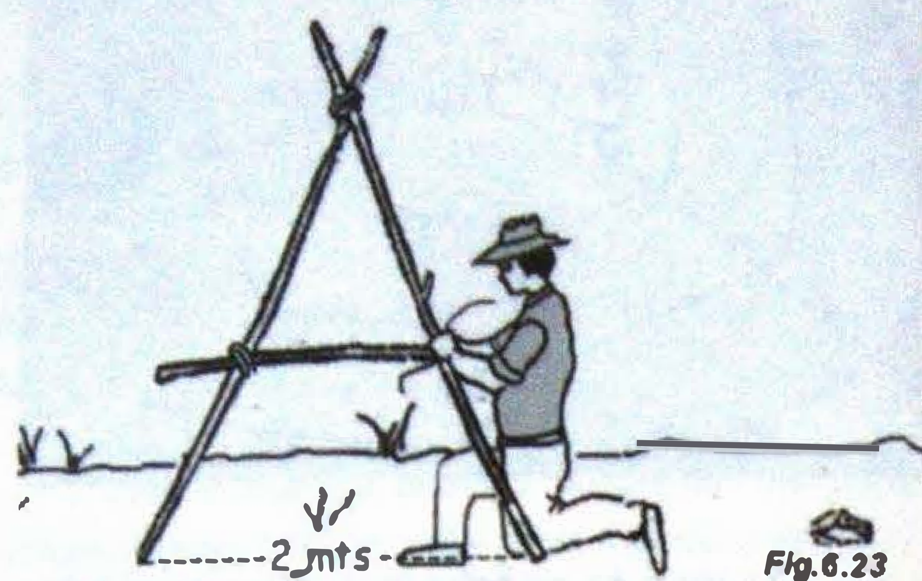


Fig.6.23

3. Se amarra un pedazo de lazo justo al centro de la unión de los largueros y se ata la piedra al otro extremo *(Fig.6.24)*.

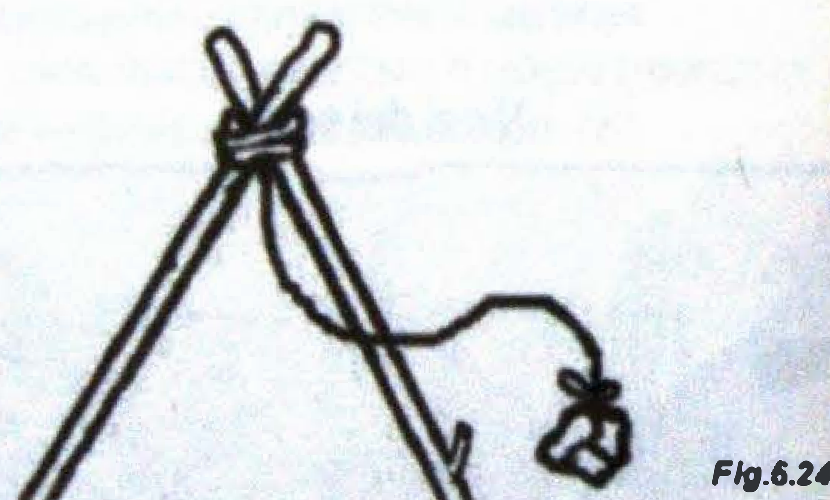


Fig.6.24

Calibración del Agronivel

1. Se clavan en el suelo dos estacas de 20 cm de largo (niveladas a ojo y separadas justo los mismos 2 metros) *(Fig.6.25)*.



Fig.6.25

2. Se sientan las patas del Agronivel sobre las estacas *A* y *B* y se hace una marca en el travesaño justo por donde pasa el hilo (note que el larguero sentado en la estaca *A*, tiene un palito a la altura del sombrero, que lo distingue del otro larguero) *(Fig.6.26)*.

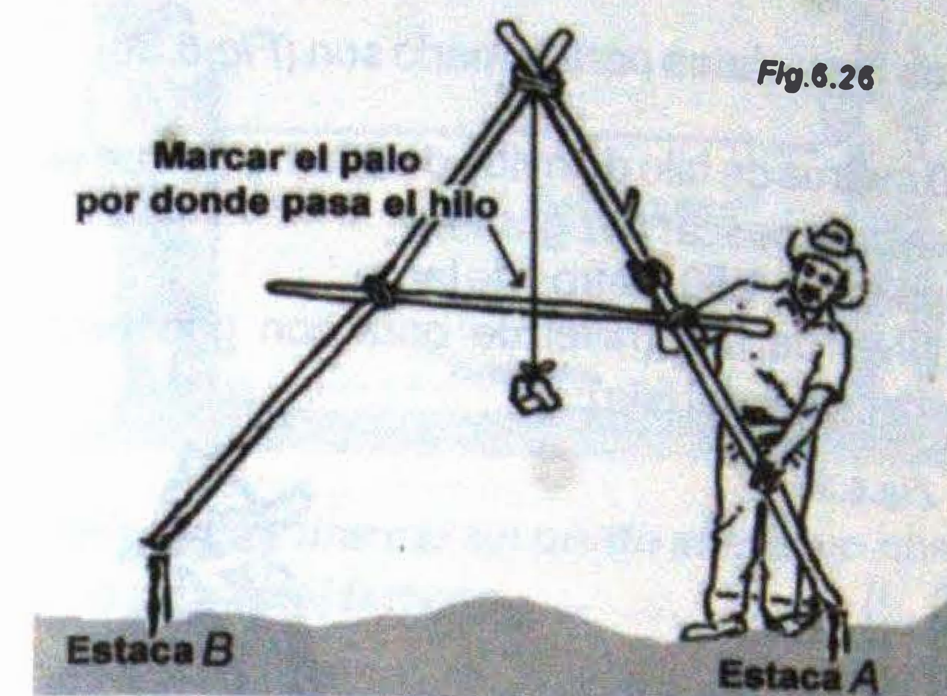


Fig.6.26

3. Se voltea el aparato y se vuelve a sentar, esta vez su larguero derecho (el del palito) debe sentarse en la estaca *B*, luego se procede a marcar de nuevo el punto por donde pasa el hilo en el travesaño *(Fig.6.27)*.

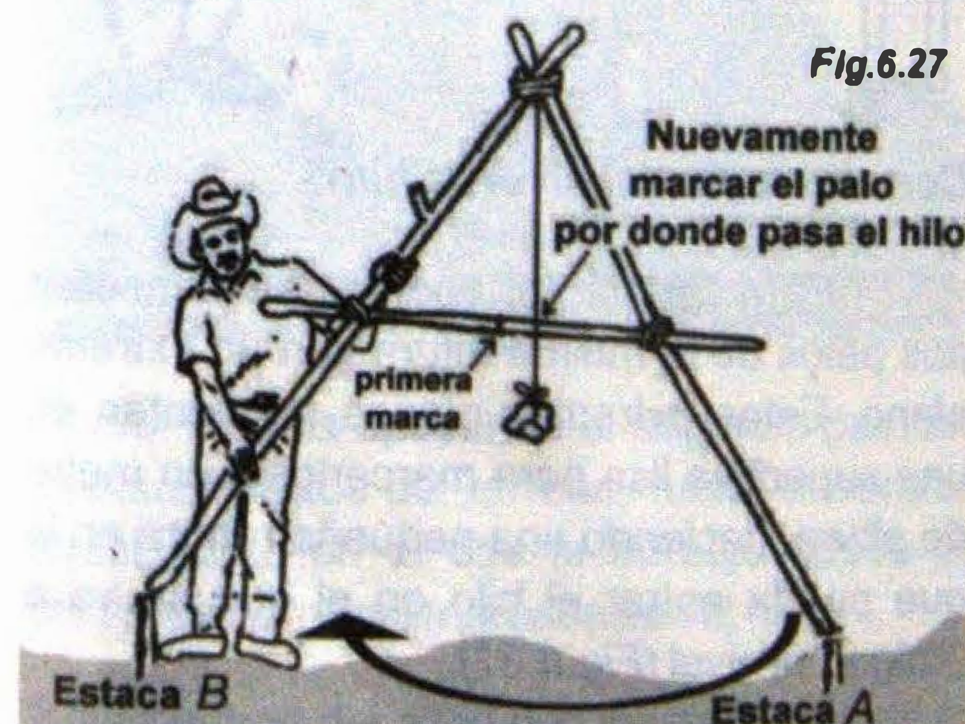


Fig.6.27

4. Se mide la distancia entre las dos marcas y se hace una ***marca definitiva*** justo en medio de ambas *(Fig.6.28)*.



Fig.6.28

5. Ahora sí, el Agronivel esta listo para usarse *(Fig.6.29)*.

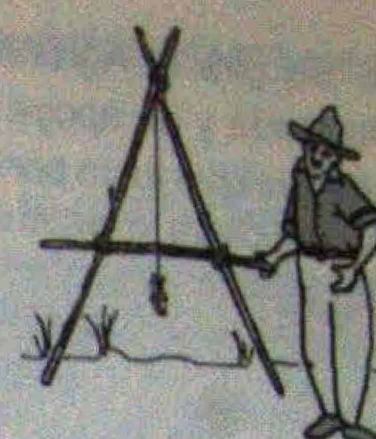


Fig.6.29

Para encontrar un punto al mismo nivel que otro en el terreno, simplemente se sienta una pata del Agronivel en el punto deseado y se busca (con la otra pata) el punto en el terreno donde el hilo quede pasando justo al centro de la ***marca definitiva*** del travesaño, lo cual indica que el nuevo punto se encuentra a nivel con el primero *(Fig.6.30)*.

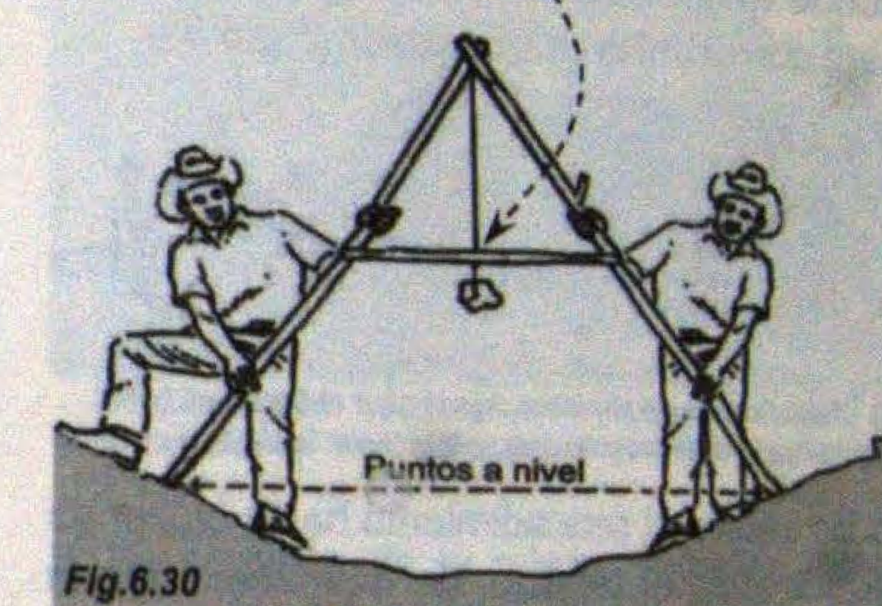


Fig.6.30

Pasos para trazar una curva al mismo nivel en todo el terreno

1. Se ubica el punto desde donde se quiere marcar la curva y ahí se sitúa una pata del agro nivel y se clava una primera estaca, después,
2. Se coloca la otra pata del agronivel en el punto donde el hilo cuelga justo pasando por la marca definitiva y ahí se clava la segunda estaca. *(Fig.6.31)*.

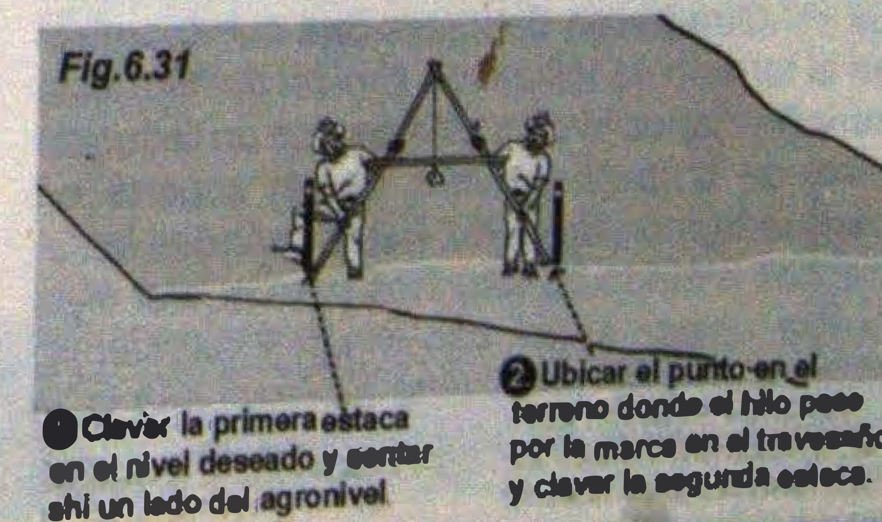


Fig.6.31

3. Se gira el Agronivel sobre la pata recién marcada y se apoya en el punto en donde el hilo cuelgue justo por la ***marca definitiva,***
4. Y se clava la tercera estaca *(Fig.6.32)*.



Fig.6.32

5. De nuevo, gira el Agronivel sobre la pata recién marcada, apoyándola en el punto en donde el hilo cuelgue en la ***marca definitiva*** para clavar ahí la cuarta estaca *(Fig.6.33)*.



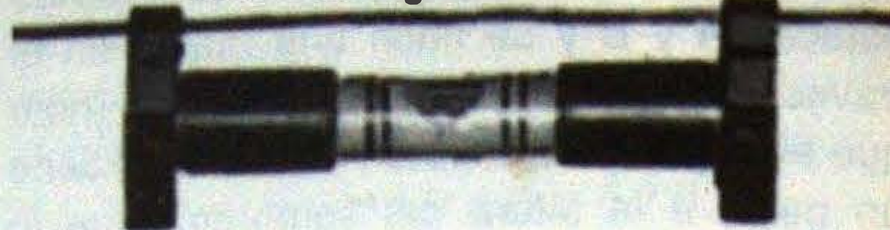
Fig.6.33

6. Se repite el procedimiento hasta cruzar de lado a lado el terreno, de tal manera que la curva a nivel queda marcada al unir todos los puntos en donde las estacas hacen contacto con el suelo *(Fig.6.34)*.


Fig.6.34

Nivelación con nivel de hilo o de soga

Otra forma de trazar una curva a nivel en el terreno es utilizando el *nivel de hilo*. Este sencillo dispositivo no es más que un reducido nivel de burbuja provisto de un soporte en cada extremo *(Fig.6.35)*. Estos soportes están hechos a modo de ganchos para que el nivel pueda colgar de un hilo tenso y paralelo al mismo. El hilo tenso está a nivel cuando la burbuja queda en el centro de las líneas marcadas en el nivel.


Fig.6.35

Los materiales para armarlo son *(Fig.6.36)*:

10 metros de hilo de nylon o cáñamo (el que se usa para pescar pez grande).
2 palos de 1.50 metros de largo.
1 nivel de hilo (nivel de gota con ganchitos para colgar del hilo).

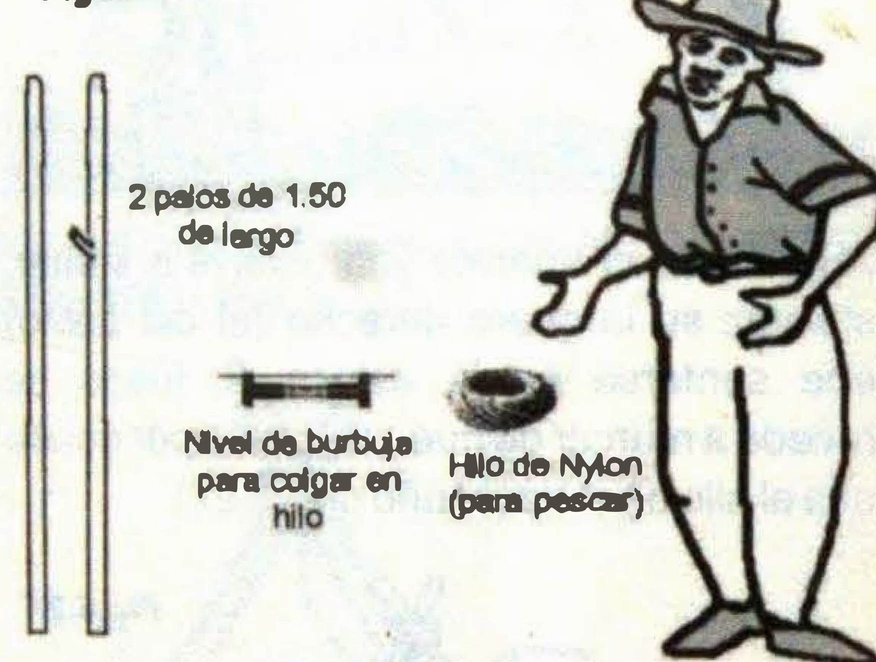


Fig.6.36

Construcción del nivel de hilo

Para "armar" el aparato se requieren dos palos de la misma altura con un extremo plano. Estos extremos planos se sientan en una superficie lisa para marcarlos a un metro de altura, haciendo una pequeña ranura en la que pueda entrar el hilo en el que se va a "colgar" el nivel *(Fig.6.37)*.

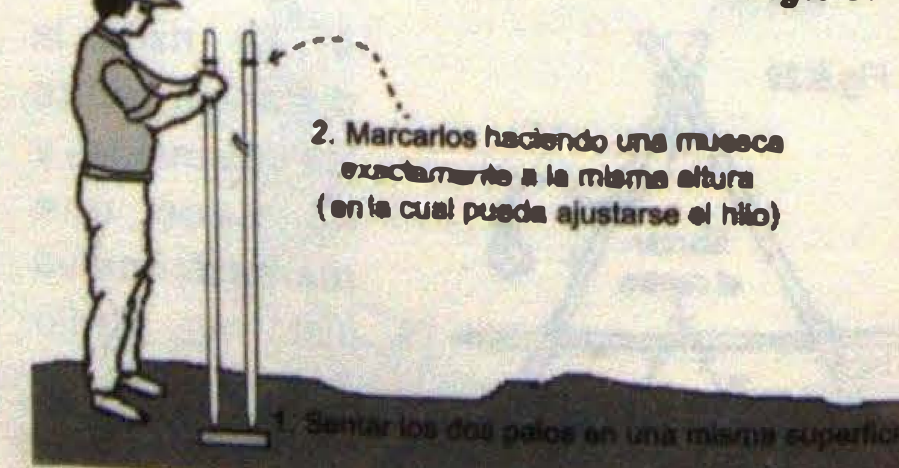


Fig.6.37

Este tipo de nivelación requiere de dos personas para su funcionamiento, cada una de ellas sostiene uno de los palos a los que está amarrado el hilo y colgado el nivel de burbuja *(Fig.6.38)*.

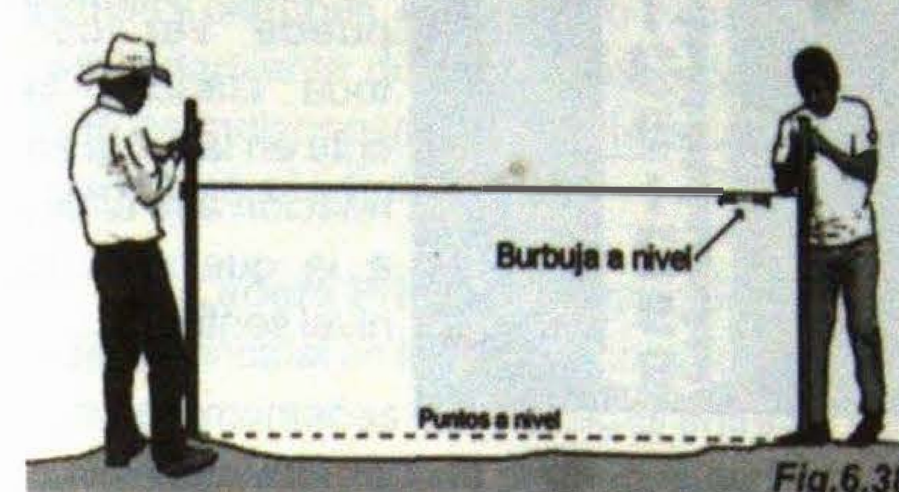


Fig.6.38

Pasos para marcar un punto al mismo nivel que otro en el terreno

1. Se apoya uno de los palos en aquel punto del terreno del cual se desea marcar el nivel y, con el otro palo, se tensa bien el hilo (a 5 o 10 metros de distancia) con el *nivel de hilo* colgando cerca del otro extremo *(Fig.6.39)*,



Fig.6.39

después se va apoyando el segundo palo en diversos puntos del terreno, hasta encontrar aquel punto en el que la burbuja quede al centro de las rayas marcadas en el nivel.

2. La burbuja del nivel nos indicará cuando el hilo se encuentra perfectamente nivelado a la horizontal, lo que significa que el punto encontrado en el terreno está al mismo nivel que el punto de partida.

3. Una vez encontrado el nuevo punto, se clava una estaca en el suelo justo atrás del punto localizado y se prosigue a marcar el siguiente punto *(Fig.6.40)*.

4. Para marcar el siguiente punto a nivel, se utiliza como referencia el punto previamente encontrado, sentando el palo justo en el mismo lugar en donde se sentó la marca anterior (delante de la estaca recién clavada) *(Fig.6.40)*.



Fig.6.40

5. Se continúa de la misma manera hasta marcar toda la curva al mismo nivel en el terreno, recordando mantener bien tenso el hilo *(Fig.6.41)*. Al terminar es aconsejable revisar punto por punto (con un nivel de manguera) para verificar que no hay error.

Nota. *Es importante asegurarse de que el nivel que se compra está calibrado, o sea que al colgarlo de un hilo perfectamente nivelado (esta nivelación puede hacerse con una manguera delgada llena de agua), la burbuja del nivel se estabiliza justo en el centro de las marcas.*

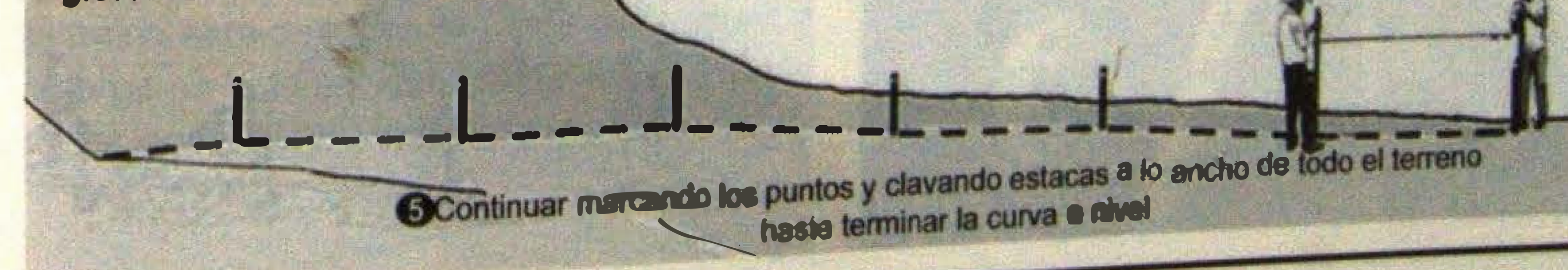
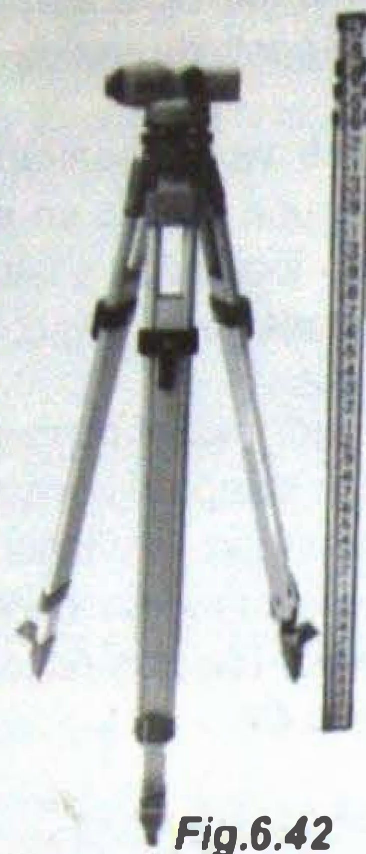


Fig.6.41

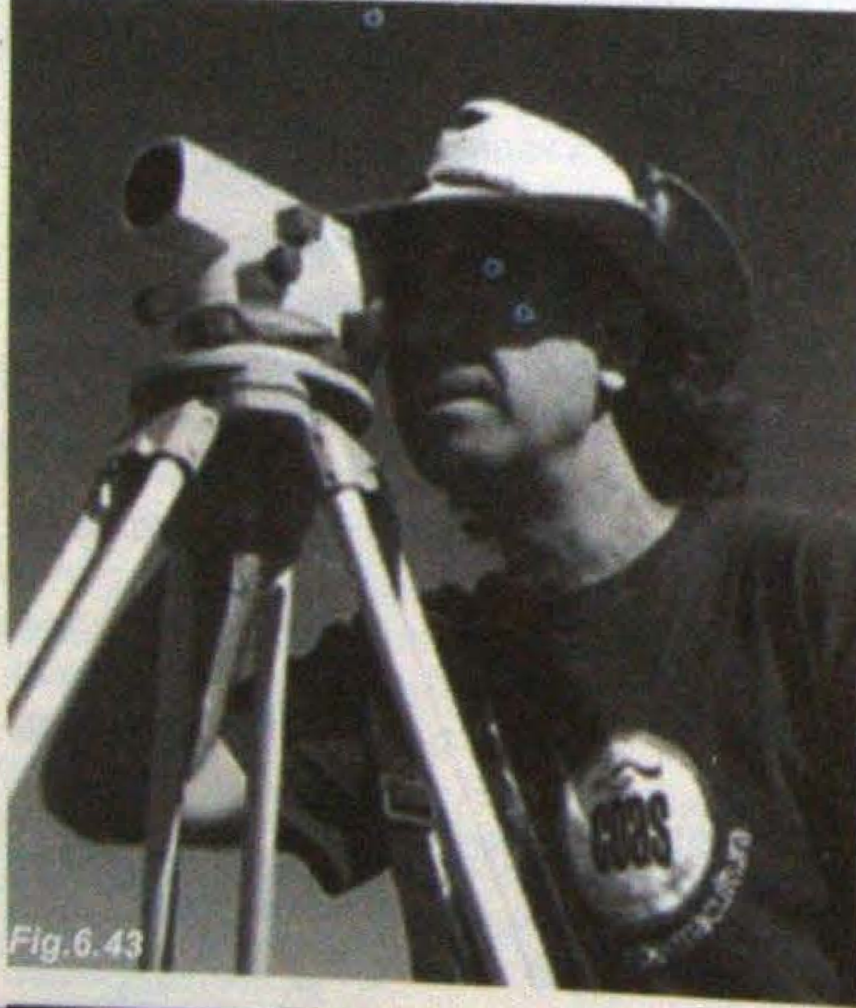
Nivelación Óptica


Fig.6.42

Una de las formas más precisas para transportar el nivel de un punto a otro en el terreno, es utilizando un **Nivel Óptico de Precisión** (*Fig.6.42*). Cabe mencionar que existen otros tipos de nivel, como los *niveles láser* y las *estaciones totales*, sin embargo, su precio es mayor y su facilidad de manejo más compleja.

Funcionamiento

El *Nivel Óptico de Precisión* es una especie de telescopio (con una burbuja integrada) que está sentado en un sólido tripié que le permite girar 360° en cualquier sentido sin perder la visión al nivel sobre el cual está apoyado (*Fig.6.43*). Esta visón le permite vera cualquier distancia una regla que le muestra la altura del punto en el que está apoyada.

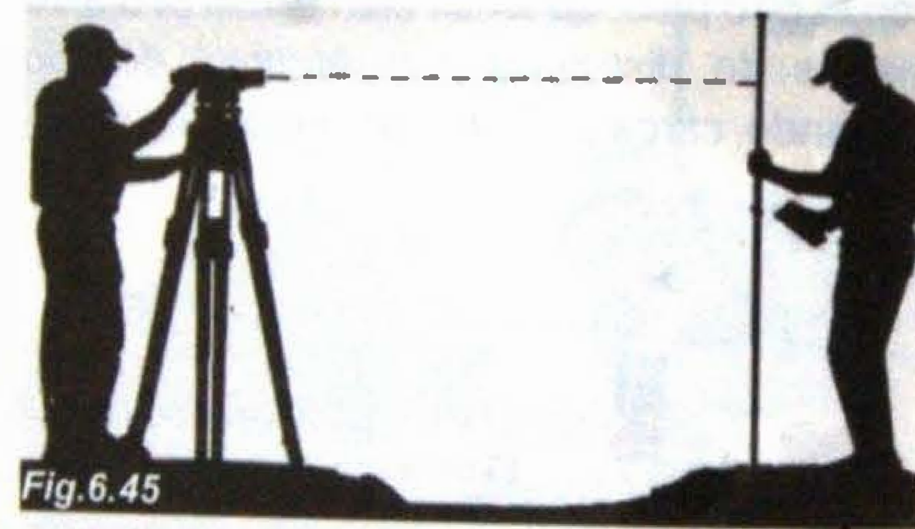

Fig.6.43

Para marcar una curva a nivel se fija un primer punto de partida en donde se apoya el tripié y se lee la medida del punto de partida.


Fig.6.44

A través del lente (*Fig.6.44*) se puede ver con toda claridad la cota en la regla en relación a la altura a la que está el nivel sentado.

Esto le permite al operador determinar si el punto donde está la regla está más alto o más bajo que el nivel mismo (*Fig.6.45*), de tal manera que con indicaciones manuales o por radio se le hace saber a la persona que carga la regla que se mueva hacia arriba o


Fig.6.45

hacia abajo (según sea el caso) hasta encontrar el punto que está al mismo nivel del aparato. Este procedimiento tiene un mínimo margen de error pues el nivel permanece en una misma posición todo el tiempo por lo que todos los puntos marcados quedan referenciados a una misma posición (*Fig.6.46*).

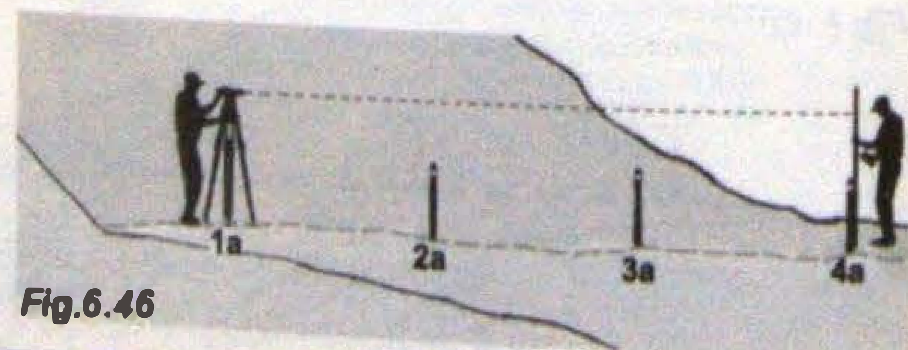


Fig.6.46

Las formas y patrones del Paisaje en Keyline

Como decíamos, cualquier terreno puede tener una o más de las siguientes formas y patrones, entender su influencia en el comportamiento del agua que escurre sobre ellas es indispensable para llevar a cabo un buen Manejo Hidrológico.

- Ladera Principal. A gran escala, una ladera principal se le conoce como cordillera o cumbre (montañas entrelazadas entre sí) y en cualquier terreno es la cima de una serie de laderas enlazadas entre sí, o la cima de los cerros o colinas que rodean el paisaje. En el mapa de contornos se les dibuja como una serie de curvas elongadas, unas dentro de otras. La ladera principal demarca el área de captación de lluvia y la línea que corre a lo largo de su cresta es el parteaguas que determina la dirección de las escorrentías.

- Ladera Primaria. Es cualquiera de los lados en declive desde un monte, cerro o colina que proviene de una ladera principal. El patrón de las curvas elongadas de los contornos de la ladera principal, alejado de su centro, cambia a una serie de curvas más planas que revelan el patrón de las laderas primarias a un costado de la ladera principal. Entre más cerradas estas curvas, los contornos están más juntos indicando la frontera con las vertientes primarias.

- Vertiente Primaria. Es el declive o sitio por donde corre el agua. Es el resultado de la intrusión de una ladera dentro de otra ladera. El área de captación de una vertiente primaria está demarcada por el parteaguas a lo largo de la ladera principal y el parteaguas de las laderas primarias a cada lado de ella.

- Meseta. Es una llanura o planicie extensa y elevada, a cierta altitud sobre el nivel del mar, emerge un relieve en el paisaje, éste puede ser un cerro, montaña o meseta.

Los patrones de curvas a nivel tanto de las mesetas, como de los cerros y los estanques, son idénticos. Se dibujan como curvas elongadas cerradas y la única manera de distinguirlos en un plano es por medio de las cotas asignadas a cada curva o, en algunos casos, los mapas marcan las depresiones con líneas punteadas (*Fig.6.47*).

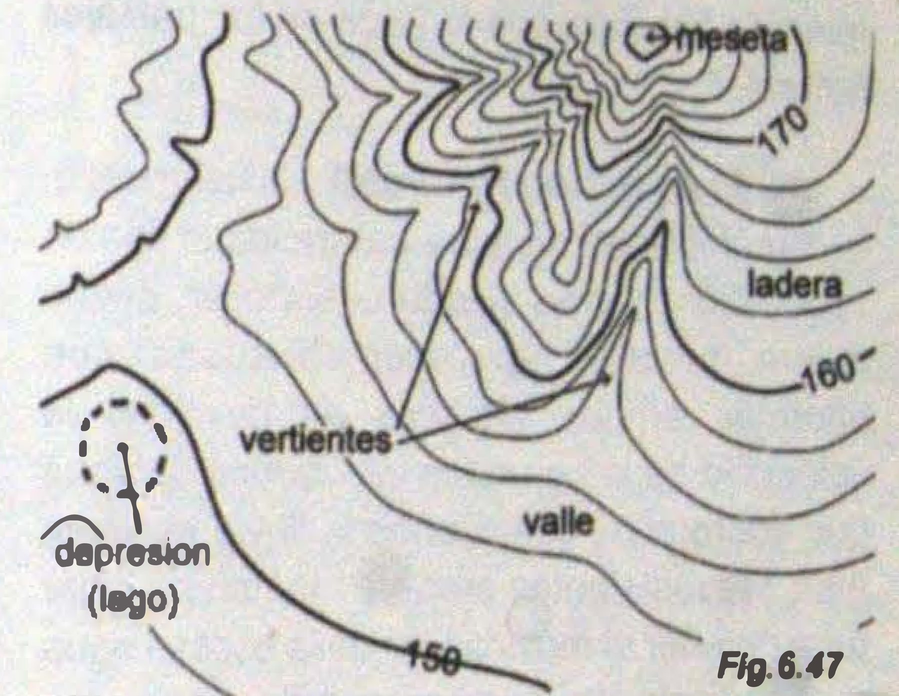


Fig.6.47

Patrones de la Topografía

Entre más altas son las crestas de las montañas, la altura y pendientes de las Líneas Clave en las vertientes primarias van a tender a ser más altas y pronunciadas. El arroyo es el límite de sus vertientes primarias tributarias.

Las laderas primarias terminan donde colindan con el patrón de la vertiente debajo de ellas (*ver Figura 6.50*). Las escorrentías sobre la cresta principal y las partes altas de las laderas primarias, fluyen a las vertientes primarias por el camino más rápido y la ruta más empinada. **La estabilidad y permanencia de los paisajes naturales depende enormemente de la fertilidad y la fuerza de las vertientes para resistir la fuerza del agua que escurre.**

Es importante considerar que la topografía *trata* de sacar el agua en el menor tiempo posible de los terrenos, captándola en sus crestas para dejarla correr sobre las laderas, las cuáles rápidamente la conducen hacia las vertientes, en las que no sólo se aleja de nuestras tierras sin haber transcurrido el tiempo necesario para empaparlas adecuadamente, sino que también se concentra y forma corrientes cuyo ímpetu y velocidad arrastra miles de toneladas de tierra anualmente. Todo esto debido a que el agua se aleja de nuestras propiedades con la misma eficiencia que lo hace en los paisajes naturales.

Equilibrio Natural. En la naturaleza, la disponibilidad de agua determina el tipo de vegetación que se puede desarrollar, donde llueve mucho, aparecen bosques con enormes árboles capaces de disminuir la velocidad de las grandes cantidades de agua que sobre ellos cae. Donde la lluvia escasea más, las resistentes praderas toman su lugar para detener el movimiento de la escasa agua y absorberla de la manera más rápida; los desechos de animales y plantas, son absorbidos por la tierra para beneficio de ella misma.

Sin embargo, cuando el hombre induce su infraestructura en estos paisajes naturales (ya sea rural o urbana) no toma en cuenta la velocidad ni la calidad del agua que fluye sobre sus tierras. El agua termina siendo contaminada y corriendo a mucha más velocidad que cuando el paisaje estaba en su estado natural.

De aquí que **algunos de los objetivos del Diseño Hidrológico son:** lograr el control óptimo del agua para beneficio de las tierras y del paisaje; introducir infraestructura de tal manera que se integre naturalmente a su entorno; mejorar la estabilidad y fertilidad de las tierras; atajar por completo la erosión y eliminar totalmente la contaminación de la tierra y del agua. Para lograr esto es necesario implementar estrategias que minimicen su velocidad al paso por los terrenos.

Disminuyendo la velocidad del agua y almacenándola, el agua es retenida en beneficio del paisaje donde el lugar más económico para este acopio es en la misma tierra, para después ser utilizada en praderas, cultivos y árboles; el resto se puede almacenar en reservorios.

La función principal de la *vertiente primaria* en el paisaje. La relevancia de las vertientes primarias radica en el hecho de que en ellas se encuentran los *Puntos Clave* (*Fig.6.48*).

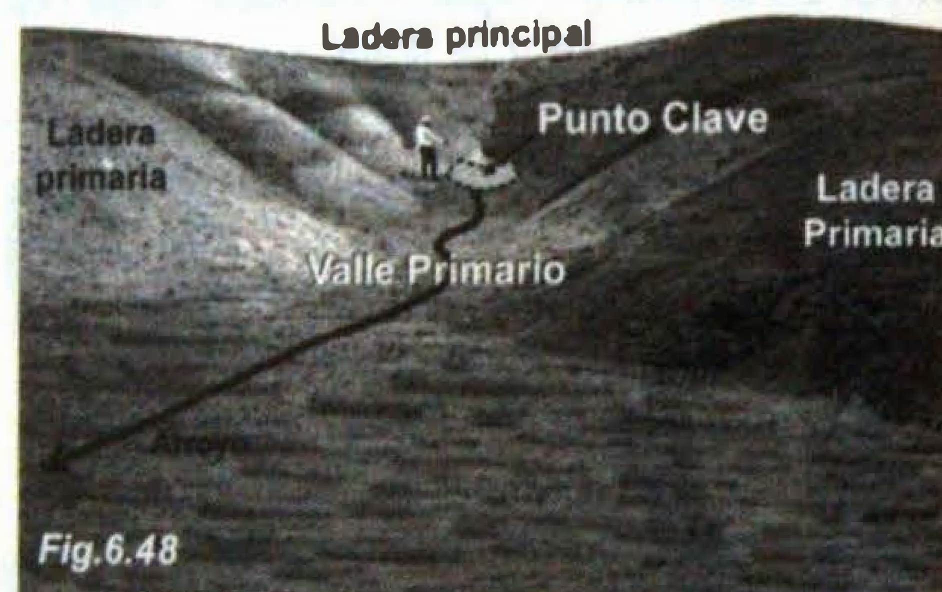


Fig.6.48

Para captar con mayor facilidad la importancia de un *Punto Clave* en cualquier vertiente primaria, basta con estar parado justo en ese sitio (mirando cuesta abajo), es como estar en el anfiteatro del paisaje, todo parte de este punto, y es aquí donde empiezan los arroyos, donde las aguas se "juntan" para iniciar su carrera al mar, donde tienen el menor ímpetu y donde es más fácil controlarlas.

Así como *"es más fácil apagar un cerillo que un incendio"*, también *"es más fácil controlar el agua donde empieza a correr"* (en el *Punto Clave*) que cuando ya formó un arroyo.

Puntos y Lineas Clave

Como ya se dijo, las vertientes encausan la salida de agua de tal manera, que termina confluyendo a un espacio que bien pudiera ser tan pequeño como un metro cuadrado, a este punto se le llama ***Keypoint*** o ***Punto Clave*** el cual es el punto de partida de un cauce de agua *(Fig.6.49)*.

Las flechas señalan la direccion del flujo de escorrentias sobre el terreno

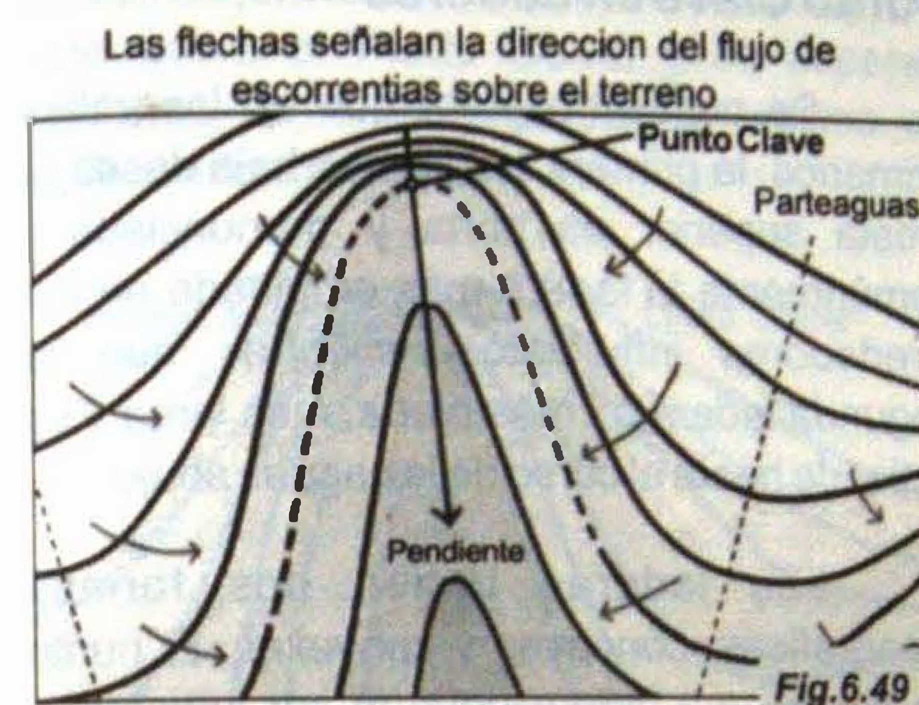


Fig.6.49

Dicho de otra forma, entre dos laderas y sitios elevados, el agua siempre confluye en un punto preciso de la vertiente justo antes de empezar a correr como arroyo, a este punto se le llama ***Punto Clave en vertientes.***

Las vertientes primarias tienen dos pendientes: la pendiente arriba de su *línea clave* la cual es pronunciada, y la pendiente justo abajo de su *línea clave*, cuya inclinación es menos pronunciada que justo arriba del *punto clave*. Su característica principal es que, si uno trata de caminar *aguas arriba*, los pasos serían muy cortos por la inclinación, si se intenta caminar *aguas abajo*, los pasos serían más largos, pues la inclinación es menor a partir de este punto. ***Solamente la vertiente primaria tiene Punto Clave.***

Línea Clave. Es la línea a nivel o contorno que se extiende a ambos lados de un Punto Clave (justo a la misma elevación sobre el nivel del mar). La línea de flujo está marcada con una línea punteada de color negro que pasa a través del Punto Clave *(Fig.6.51)*. El espacio más ancho entre las curvas a nivel indica una pendiente menos pronunciada. Arriba de este punto, la vertiente se cierra, su inclinación es más pronunciada y sus curvas a nivel tienen una menor distancia entre ellas. Abajo del Punto Clave, el valle que se forma en la vertiente es más amplio y su inclinación menos pronunciada *(Fig.6.50)*.

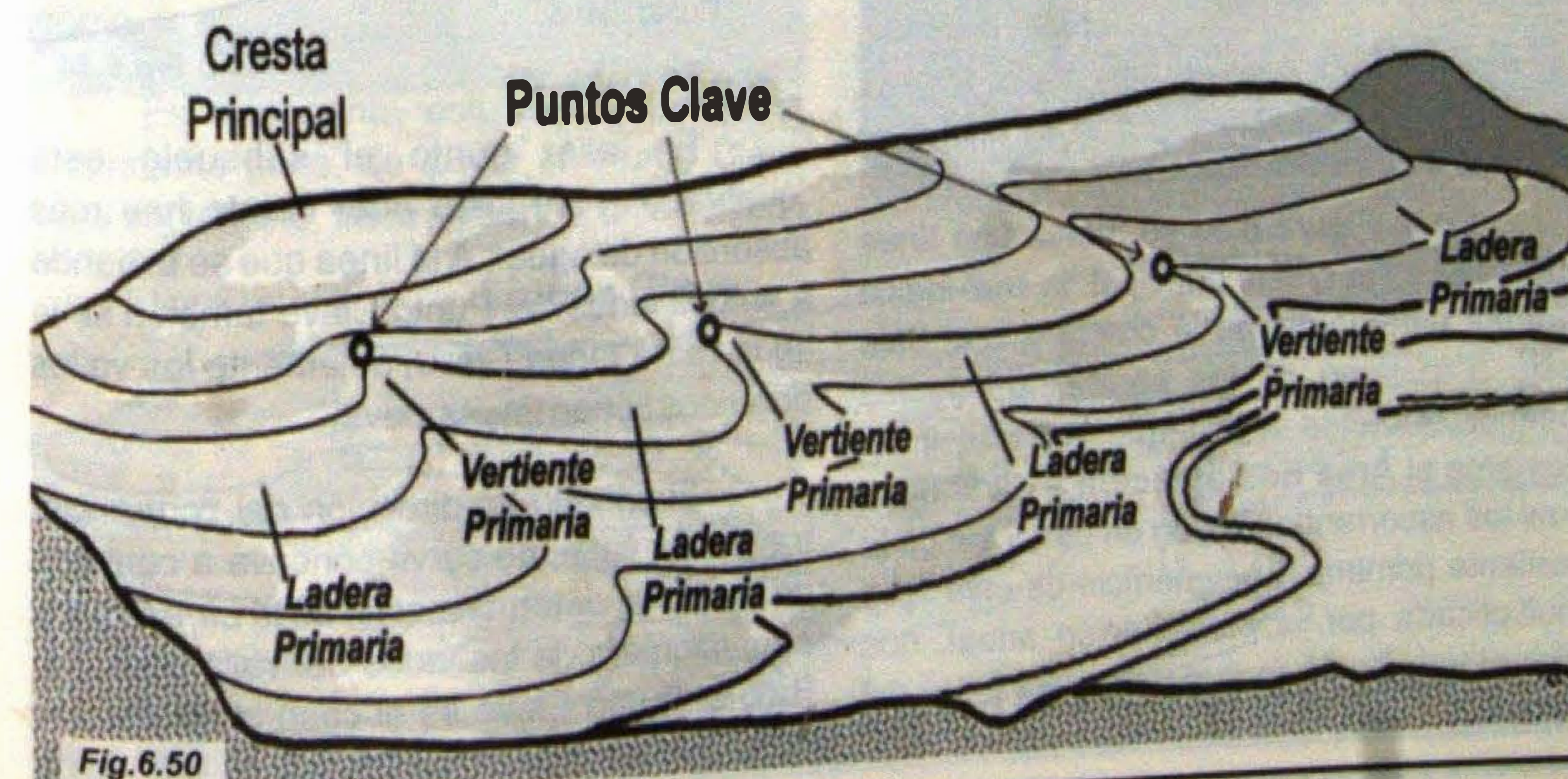


Fig.6.50

Al mismo tiempo, la inclinación de las laderas que suben lateralmente conformando la vertiente, son más pronunciadas; estas características ofrecen una ubicación óptima para las represas y bordos *(Fig.6.51)*.

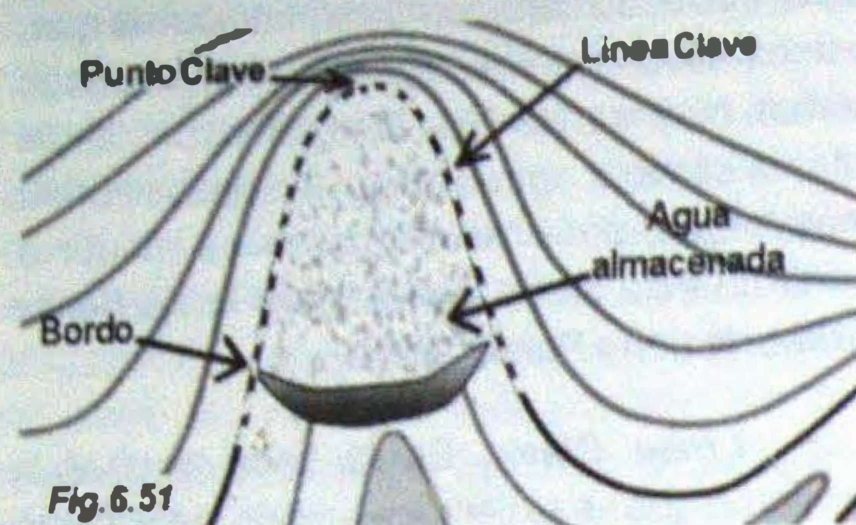


Fig.6.51

Es en la *línea clave* donde las escorrentías pueden infiltrase más fácilmente en la tierra debido a que justo a lo largo de ella, generalmente hay mayor porosidad en el subsuelo.

Si esta línea se extiende, al mismo nivel, a ambos lados de un *Punto Clave (Fig.6.52)* marca el nivel del agua en cualquier punto donde se construya un bordo a la misma elevación.



Fig.6.52

En la *Figura 6.53* se marca una línea punteada en la cresta principal, la cual indica la línea parteaguas de la cresta y, que baja justo a lo largo de los parteaguas de las laderas aledañas a la vertiente, esta línea demarca el **Área de Captación** a partir de la cual las escorrentías fluyen en dirección de la vertiente primaria. La superficie de esta área multiplicada por la precipitación anual, nos dice el total de lluvia que capta esa parte del terreno.

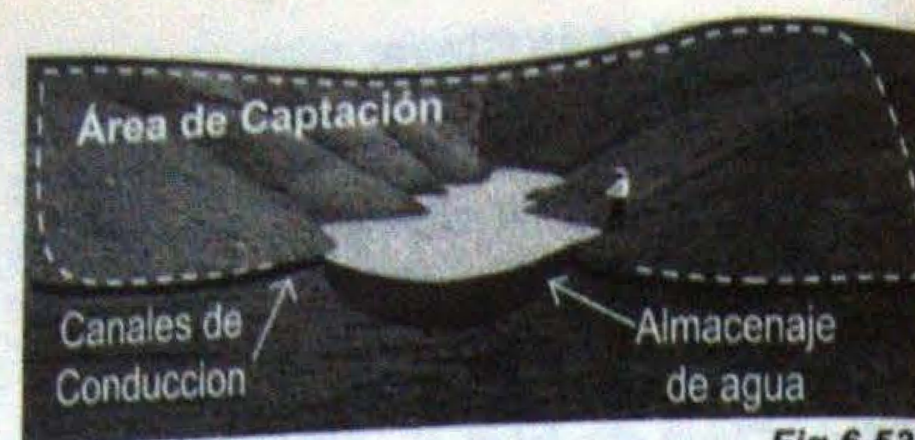


Fig.6.53

Punto Clave en Laderas

Se puede observar que en los valles primarios, la primera ladera que baja desde la cresta superior es corta y pronunciada - comúnmente la ladera más empinada en los alrededores inmediatos- mientras que la segunda ladera es más plana, más larga y se extiende hasta el curso de las aguas abajo.

Las laderas tienen dos formas topográficas: cóncavas y convexas. El punto en donde una ladera deja de ser cóncava y pasa a convexa se le llama *Punto Clave en Ladera (Fig.6.54)*.

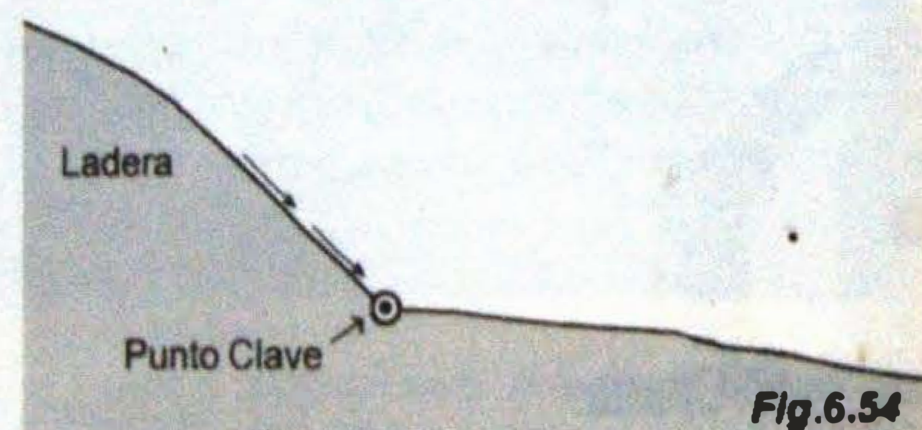


Fig.6.54

En este punto el subsuelo está "quebrado" y es justo aquí donde hay más absorción de agua. A la línea que se extiende a ambos lados del Punto Clave también se le se le llama *Línea Clave*, solamente los valles primarios tienen líneas clave.

El cambio de dirección del contorno a través del valle, de curva cóncava a convexa de la cresta, determina el fin de la *Línea Clave* en cualquiera de los lados del valle primario. Bajo el Punto Clave es el caso contrario, los contornos están más separados en la línea de

flujo abajo del Punto y se acercan hacia las crestas en ambos lados del valle. El punto donde los contornos están más cercanos es la frontera entre el valle y la cresta.

La *Figura 6.55* muestra la *Línea Clave* extendiéndose a ambos lados del Punto Clave a lo largo de la curva de nivel. Aquí se aprecia cómo las curvas a nivel arriba del Punto Clave, están más juntas entre sí en la línea de flujo del valle sobre el Punto Clave, y se separan conforme van a lo largo de las crestas en ambos lados del valle.

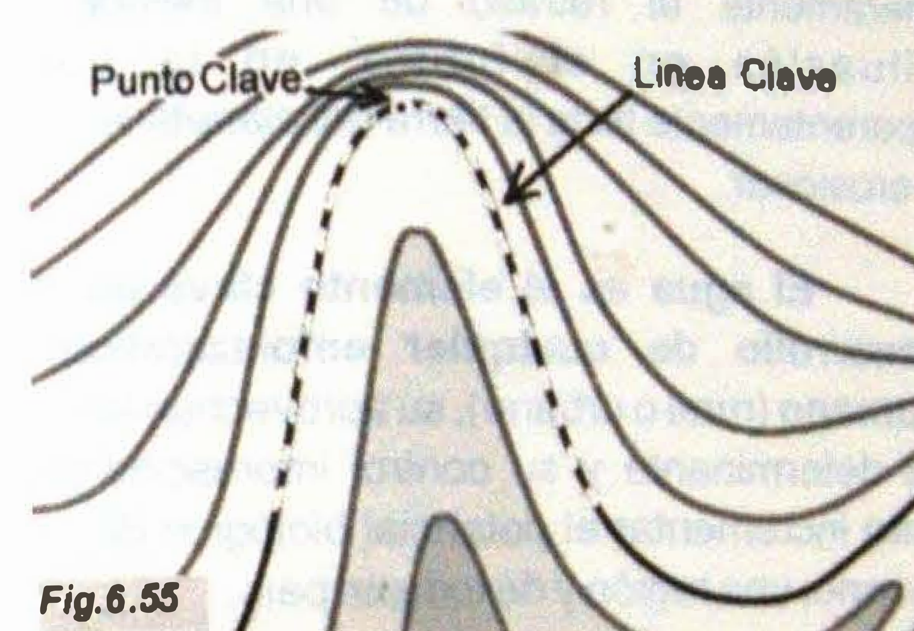


Fig.6.55

Efecto. Debido a la consistencia de los paisajes topográficos moldeados con laderas y vertientes, casi siempre hay una *Línea Clave*, aún cuando no se tiene en el terreno propio.

Es importante estudiar la topografía circundante pues, de existir un Punto Clave fuera del terreno, tiene influencia en el terreno siempre y cuando pertenezca a la misma microcuenca.

Cuando la Línea Clave se utiliza como guía, los surcos del cultivo alejan el agua de las vertientes dirigiéndola a las laderas. Lo mismo ocurre en las calles de las huertas o reforestaciones que se plantan con este patrón.

También es el punto de partida lógico para realizar cualquier plano o mapa de la propiedad, aportando principios fundamentales en los cuales se pueden basar las modificaciones a desarrollos existentes.

A menudo, al planear el diseño de cualquier terreno ya sea para una granja, rancho, hacienda o unidad agropecuaria, **resulta innecesario marcar las demás curvas a nivel siempre y cuando se detecten y marquen las *Líneas Clave* en cada valle primario,** lo que redunda en un gran ahorro en gastos topográficos y de marcaje.

La *Línea Clave (Fig.6.56)* es fundamental en el manejo de la agricultura y el agua ya que:

1. Es el primer punto en cualquier vertiente, donde las escorrentías del agua de lluvia, concentradas desde las laderas más elevadas, pueden formar una corriente importante capaz de erosionar el suelo.

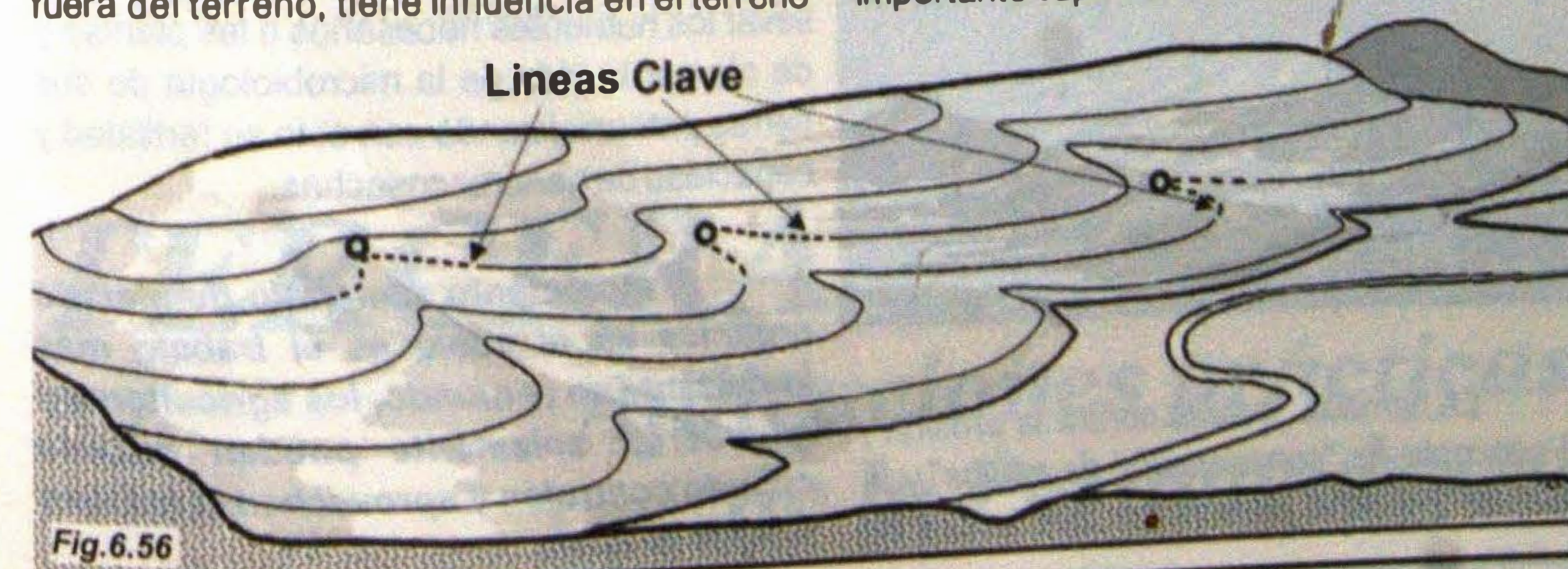


Fig.6.56

2. Es también el primer sitio donde el agua de escorrentía desaparece cuando la lluv a cesa (a menos que el agua sea contenida en un reservorio construido para ese fin).

3. Es el sitio de almacenaje más alto en cualquier valle del terreno.

4. A menudo es el punto más alto en el que se encuentran dispon bles buenos materiales para construcción de bordos o represas (más arriba, el suelo puede estar menos descompuesto y ser menos apropiado para la construcción de bordos).

5. Es el punto de partida esencial para el sistema de control de agua en cualquier paisaje que produce escorrentías.

6. Es la línea de cambio donde las tres formas del paisaje emergen y rápidamente revelan la geometría de las curvas de nivel y el comportamiento de las aguas que fluyen sobre la superficie.

El Fin de la Erosión

Las modificaciones al terreno en *Líneas Clave* eliminan efectivamente toda posibilidad de erosión del suelo (*Fig.6.57*).



Fig.6.57

La llamada *"batalla contra la erosión"*, el concepto de *"conservación de suelos"* y la costosa industria burocrática que tantas de estas altisonantes frases ha creado, se hacen irrelevantes e innecesarias cuando se implementa un buen ***Diseño en Líneas Clave*** **el cual, así como la Agricultura Orgánica Campesina, son sistemas de Generación** de Tierras, y no inservibles sistemas de *conservación de suelos* promovidos por universidades y centros extens onistas.

Conservación de suelos es un término negativo, inducido por los norteamericanos durante el extensionismo de la *revolución verde*. El término *"conservación"* implica meramente el retraso de una inevitable situación en el futuro, en la que aparentemente toda la tierra del planeta se va a erosionar.

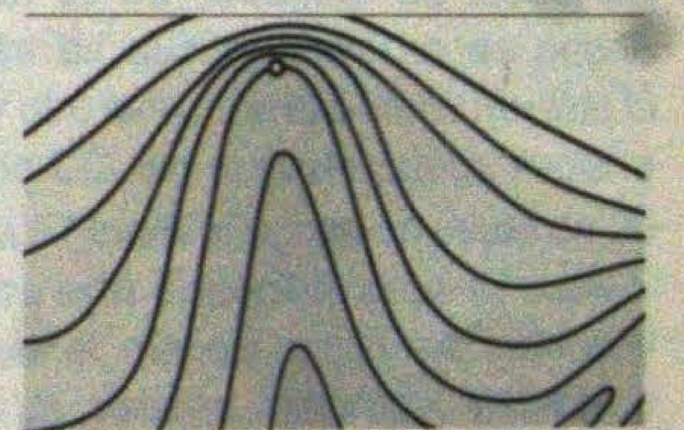
El agua es el elemento clave en el desarrollo de cualquier emplazamiento humano (rural o urbano), su aprovecham ento es determinante y su control imprescindible para incrementar el potencial biológico de un terreno, una región y de todo un país.

Los patrones de la topografía y su influencia sobre el movimiento del agua son fácilmente comprendidos por campesinos y agricultores, quienes con su sentido común, aprecian y aprovechan los múltiples beneficios del *Manejo Hidrológico en Keyline* pues captan las enormes ventajas de acumular el agua en los puntos elevados de sus terrenos, reconocen su capacidad de llevar los nutrientes necesarios a las plantas y de alargar la vida de la microbiología de sus tierras potencializando con esto su fertilidad y capacidad de generar cosechas.

El incremento acelerado de materia orgánica en el suelo es el trabajo más importante en el mundo, los agricultores y ganaderos solamente pueden hacerlo cuando controlan y aprovechan al máximo el agua de lluvia.

TERCERA SECCIÓN

Aplicaciones prácticas de la Permacultura



Capítulo VII

Diseño Keyline (Línea Clave)

Una agricultura permanente, debe beneficiar al campesino, a sus tierras y al paisaje. Conforme la tierra del agricultor se enriquece, también él lo hace.

P.A.Yeomans

CAPÍTULO SIETE
Diseño en Keyline (Línea Clave)

Diseño para obtener agua, tierra y carbono en cualquier terreno

La logistica para el Diseño Keyline (Manejo Hidrológico) de una propiedad se realiza en base al control del agua que más importancia tiene en el paisaje y consta de dos etapas: *Primero*, se examina completamente la propiedad para determinar las fuentes de agua disponibles, señalar las características del paisaje y decidir a partir de esto el diseño de la propiedad. *Segundo*, se selecciona el lugar idóneo para iniciar el proyecto, de tal manera que encaje perfectamente en el paisaje realzando inmediatamente la producción y el valor de la propiedad. Se procede progresivamente controlando todas las fuentes de agua que tienen relevancia económica.

Los primeros objetivos al "diseñar" el paisaje de un terreno deben ser: aprovechar de la mejor manera el agua de lluvia para mejorar las condiciones de la tierra, y así aumentar la producción al igual que el control, almacenaje y aprovechamiento óptimo del agua que fluye sobre la superficie de su suelo (ya sea de lluvia o de arroyos).

Logística de Análisis y Diseño

La Escala de Permanencia, es un concepto desarrollado por P.A. Yeomans y sirve para determinar la escala de prioridades al momento de rediseñar la topografía de un terreno. La escala está ordenada en base a la permanencia (a través del tiempo) de los elementos que integran el paisaje completo de la propiedad, y se aplica tanto al desarrollo rural de unidades productivas, como al desarrollo urbano para la planeación de pueblos o ciudades enteras.

El orden de prioridades para los siguientes factores en la Escala de Permanencia es: 1. Clima, 2. Topografía, 3. Agua, 4. Caminos, 5. Árboles, 6. Construcciones (casa, bodega, taller, establos, etc.) 7. Subdivisiones y 8. La tierra.

Factor 1. *El clima*

Siendo el clima un elemento casi inalterable dentro de una propiedad, la influencia del suelo es el factor de mayor impacto sobre el clima (y viceversa). Se habla mucho de la reforestación para revertir el cambio climático y, si bien los árboles llegan a captar 200 ton/h de CO_2, esto ocurre a lo largo de 15 años o más, sin embargo, el costo de reforestación es de alrededor de 2,000 US dlls, además de que la tierra no se puede cultivar. Por otro lado, con el *Diseño Keyline* la absorción de CO_2 en el suelo puede llegar a ser de hasta 57 ton/h/año, con un costo de 20 dlls y la tierra está disponible para su cultivo. De aquí que el manejo mixto de suelos y árboles en un sistema integrado, estable y productivo es esencial para el control del cambio climático.

En el caso particular del *Diseño Keyline*, el conocimiento del clima regional nos aporta **dos de los datos más importantes para planear un proyecto que involucra el control de escorrentias:**

1. El promedio de la precipitación anual (la cantidad de lluvia que cae al año en una región determinada).

2. La máxima precipitación histórica ocurrida en un solo evento, registrada en el

lugar donde se va a realizar el diseño. Ambos datos se obtienen del Instituto Meteorológico y sirven para calcular:

a) El Potencial Hídrico de una propiedad.
b) La capacidad de captación de cada una sus diversas áreas.
c) La aportación de escorrentías que se recibe de las propiedades colindantes.
d) El tamaño de los canales de conducción y los reservorios de agua.

Factor 2. *La Topografía*

La topografía es un aspecto que, a gran escala, no se busca modificar so pena de incurrir en enormes gastos y provocar desastres ecológicos. Sin embargo, siguiendo el Principio de Permacultura *Implementa Sistemas Intensivos a pequeña escala*, es que se puede modificar ligeramente la superficie del terreno para captar y almacenar agua, incrementar la fertilidad y aumentar la bioproductividad.

Factor 3. *El Agua*

El agua y la tierra son dos factores que se consideran al mismo tiempo, dado que su interacción modifica permanentemente el comportamiento que existe entre ellos (las escorrentías fluyen conforme a la topografía y al mismo tiempo la van modificando).

Para modificar el patrón de flujo del agua el *Diseño Hidrológico en Puntos Clave* nos muestra cómo modificar la topografía de la superficie del terreno con seis elementos: a) Canales de Desviación, b) Bordos, c) Canales de Irrigación y, d) El cultivo de la tierra, la siembra de árboles frutales y de árboles forestales en patrón Keyline.

a) El Canal de Desviación. En todo paisaje existen uno o varios puntos (*los Puntos Clave*) en los que se puede controlar el flujo de escorrentías con mayor facilidad y eficiencia. Como se describió anteriormente, el *Punto Clave en vertientes* es el punto preciso a donde el agua confluye justo antes de empezar a correr como arroyo. Si se traza una *Línea Clave* a ambos lados de este *Punto Clave*, se convierte en la guía para la construcción del ***Canal de Desviación***, en el que el agua va a ser re-distribuida uniformemente a lo largo de toda el área que cubra su largor *(Fig.7.1)*, en lugar de concentrarse naturalmente en las vertientes.

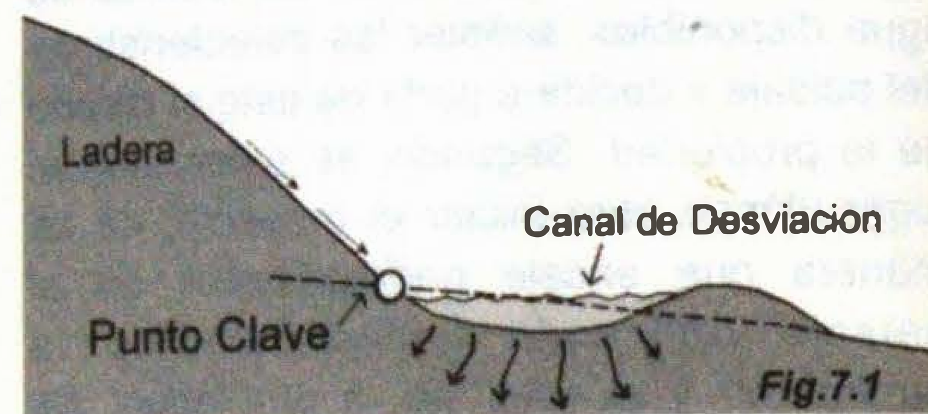


Fig.7.1

Esta modificación del terreno anula la velocidad de los escurrimientos justo donde confluyen, por lo que controla totalmente la erosión de la tierra *(Fig.7.2)*.

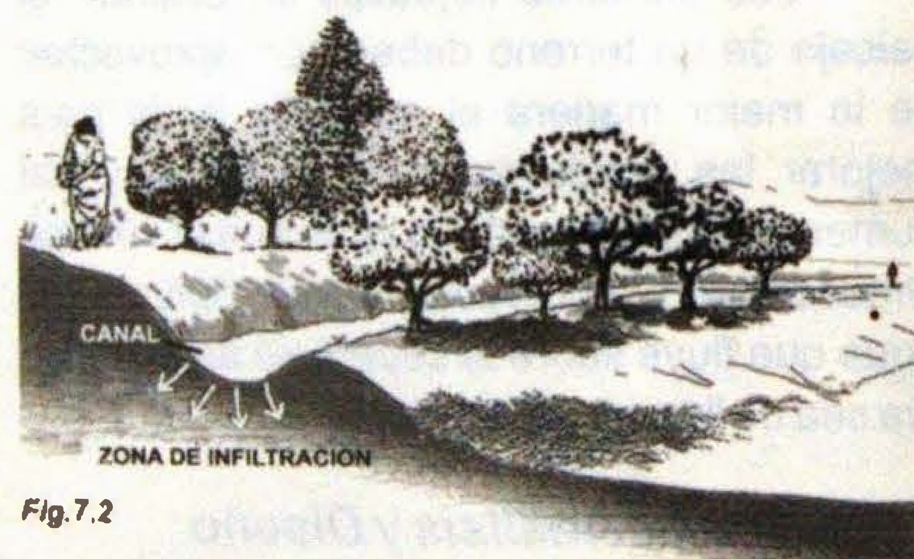


Fig.7.2

Aún cuando no se tengan vertientes en el terreno, las mismas laderas tienen sus *puntos Clave*, es ahí donde se construiría el *Canal de Desviación*. Si un terreno es (aparentemente) plano y su topografía no tiene inflexiones, el canal de infiltración se construye del tal manera que capte ya sea las escorrentías provenientes del vecino o las que una parte del terreno capta en el caso de que todos los vecinos se encuentren "aguas abajo".

El *Canal de Desviación* tiene un gradiente mucho menor a la pendiente original del terreno, lo que produce un diferencial de alturas entre el curso original del agua y el nuevo curso (a lo largo del Canal). Entre más largo sea el canal, más grande es la diferencia de altura entre él y el arroyo aguas abajo y, por lo tanto hay más terreno entre ellos y más área impregnada de agua. El *Canal* mantiene el agua más tiempo en contacto con la tierra y por ende induce mayor infiltración en la tierra. Todo lo anterior, redunda en una recarga mucho más profusa de los mantos freáticos, en un aumento en la disponibilidad de agua para las plantas y microorganismos, y un consiguiente aumento en la fertilidad y productividad de la tierra *(Fig.7.3)*.

Fig.7.3


Su construcción marca la diferencia entre las dos primeras áreas de un terreno, el ***Área de Captación*** (aguas arriba del Canal) y el ***Área de Infiltración*** (aguas abajo del Canal) *(Fig.7.4)*.

El *Área de Captación* está delimitada por los parteaguas de las laderas que la circundan, esto implica que, si el canal de desviación se extiende más allá del parteaguas de una ladera, su *área de captación* se incrementa. Los canales pueden estar interconectados con otros canales a través de reservorios que estén en línea (al mismo nivel o a un nivel más bajo) de tal manera que los canales también sirven para trasvasar agua de un reservorio a otro.

Otra implicación es que, dado que la tierra para construir el Canal se acumula aguas abajo, automáticamente queda marcada la ***ubicación del camino,*** que por estar a nivel y en la posición más elevada, no tiene posibilidad de erosión.

Los Canales de Desviación son muy anchos y poco profundos, su tamaño está en función de cuatro factores: La precipitación pluvial en la región, su área de Captación, la cantidad de agua que deben desviar durante la tormenta más copiosa que pueda ocurrir en la región y la inclinación del terreno. En otras palabras, el *volumen total* de un *Canal de Captación* debe ser por lo menos igual al volumen máximo de escorrentías que haya ocurrido en un solo evento en la región menos la cantidad de la infiltración ocurrida en el suelo. Solamente del 5-25% del agua que llueve se convierte en escorrentías.

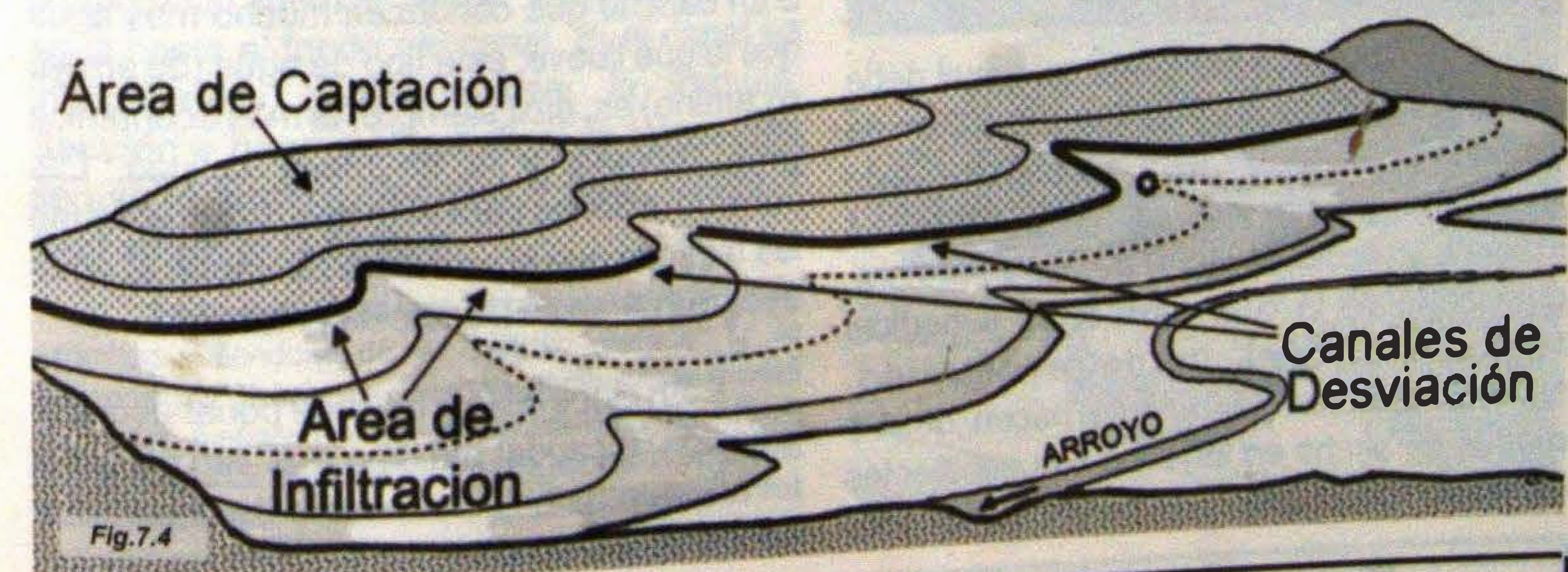


Fig.7.4

Este tipo de canales se pueden construir relativamente fácil, ya sea a mano *(Fig.7.5)*, con tiro de animal, con tractor y un arado de disco, o con un tractor caterpilar equipado con cuchilla *angle*, o bien con una máquina motoconformadora.

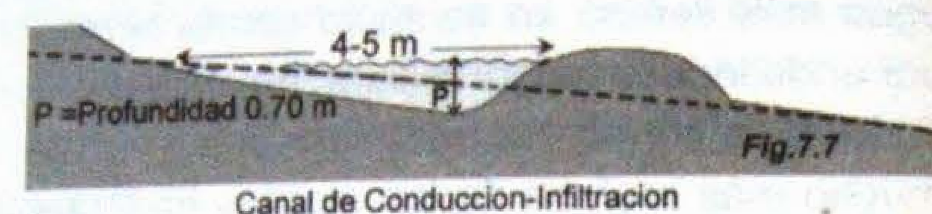


El trabajo consiste en mover la tierra desde la marca de la *línea Clave* hacia abajo, si el trabajo es hecho por un buldózer con *cuchilla angle (Fig.7.6.)* necesitará de 4 a 10 pasadas para conformar el canal y un camino justo sobre el montón de tierra que lo forma.



La pendiente del fondo del canal debe ser de 1m en 300m (1m de altura en 300m de distancia) y en cuanto a su capacidad, puede llegar a cargar un flujo de hasta 4.5 ML (4 millones y medio de litros) de agua por hora, gran parte de la cual corre en la superficie formada por el bordo construido. Normalmente los canales se hacen de 4-5 metros de ancho en terrenos con pendientes de 1m en 10m (10%).

Cuando se trata de terrenos con menos pendiente (1m en 30m), el canal debe ser mucho más ancho (de 5-7 metros) y menos profundo, el bordo del canal sería de 1.30m de ancho x 0.70m de alto (aproximadamente) y en estos casos el canal sería con una pendiente de 1m en 500m a 1m en 5,000m *(Fig.7.7)*.



Canal de Conduccion-Infiltracion

Importante. La mayoria de los movimientos de tierra para *diseños Keyline*, se hace en laderas con pendientes de hasta 30°. No todos los valles primarios tienen sitios ideales para almacenar agua en sus *líneas clave*, la forma del valle debe tener condiciones topográficas y ser económicamente viable para implementar un *canal de desviación*. Si por ejemplo, de tres valles primarios en un valle principal, uno tiene buenas condiciones sobre todos los demás (a pesar de no estar en la posición más elevada), su posición determina la ubicación del *canal de desviación*. Debido a que las crestas principales tienden a subir hacia la cima de la región, los valles primarios tienden a tener una relación de ascensión progresiva.

Algunas veces se cuenta con un arroyo o un camino que conducen mucho más agua que la que llueve, este tipo de agua (de arroyo o camino) es, casi siempre, la más económica para conducir y la de mejor calidad. Las consideraciones para este tipo de agua serian las mismas que si se tratara de captar el agua desde un *Área de Captación y Recarga*.

En estos casos, hay que poner especial atención al caudal máximo que llega a tener un afluente de este tipo, antes de encausarlo dentro de la propiedad.

Cálculo de Caudal en un canal o arroyo

Los *canales de desviación* pueden servir también a un doble propósito, así como conducen el agua hacia los bordos, también pueden servir de derramaderos cuando están llenos y continúan recibiendo agua de escorrentías. El canal puede interconectar con otro bordo o simplemente puede derramar el agua, no en una vertiente sino en una ladera. La salida de agua (derramadero del canal) tiene que estar calculada para aforar el ***caudal*** (cantidad de agua que pasa por un punto determinado) proveniente del bordo, más lo captado por el área de recarga aguas arriba. Para calcular (de manera aproximada) el caudal de un canal existente se utiliza la fórmula donde: $V = 0.3\sqrt{mh}$

V es la velocidad media de la corriente en mts/seg
m es el radio hidráulico en metros
h es la pendiente del canal en metros por kilómetro

Esta fórmula parte del supuesto de un valor de n de Manning de 0,02 y, por consiguiente, sólo es adecuada para caudales naturales de corriente libre con escasa rugosidad.

Si ya se tiene el canal y se desea conocer su caudal, se considera la siguiente fórmula: Caudal = Velocidad x Sección

La sección del canal se debe encontrar midiendo el canal (*in situ*) desde el fondo hasta la superficie libre del flujo de agua. Si es rectangular se multiplica el ancho por la profundidad medida desde la superficie del agua hasta el fondo del canal. Si el canal es triangular es necesario usar la fórmula: ***Sección = base x altura /2***, si es trapezoide se usa la fórmula ***Sección = lado ancho + lado angosto /2 x altura.***

La velocidad puede determinarse con cierta exactitud valiéndose de un sencillo método: **1.** Se clavan un par de estacas a manera de marcas en la orilla del canal (separadas una distancia de 20 metros), tienen que estar bien visibles una de la otra. **2.** Luego se tira algo que flote y sea bien visible unos metros antes de la *primera marca*, de modo que dé tiempo a llegar a la *segunda marca* para poder empezar a tomar el tiempo que tarda en recorrer la distancia entre las dos marcas. *La velocidad será la distancia dividida entre el tiempo que tardó el objeto en recorrerla:* **Velocidad = Tiempo/Distancia.** Si se mide la distancia en metros, el tiempo en segundos y la sección en metros cuadrados, se tendrá el caudal en metros cúbicos por segundo. Se recomienda repetir la experiencia al menos tres veces y con elementos similares (palitos, corchos, etc) y al final promediar los tiempos.

Para obtener datos más precisos de caudales en relación al tamaño de los canales se puede utilizarla siguiente *Tabla 7.1.*

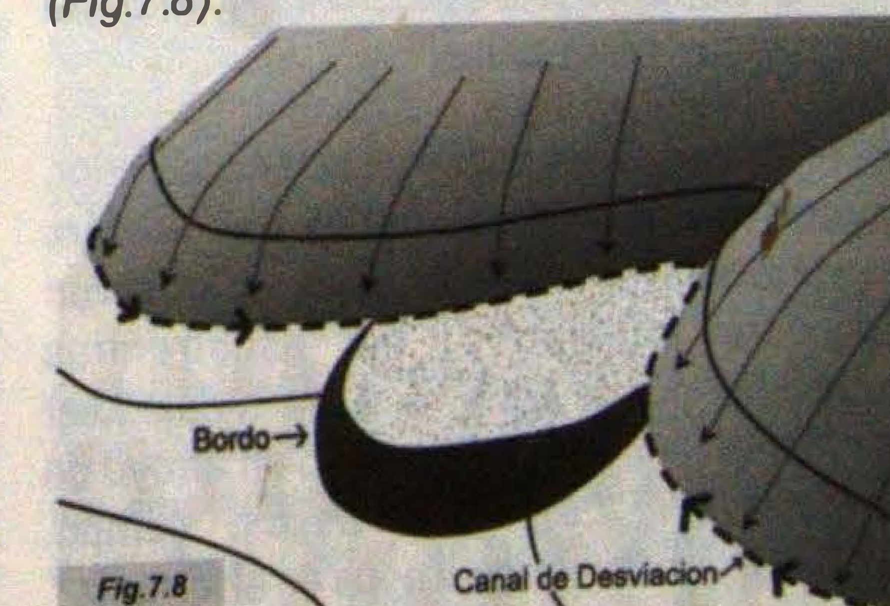
Dimensiones y caudal de Canales de Conducción

PROFUNDIDAD DEL CANAL m	Anchura del canal m — % de la Pendiente en el terreno				Sección transversal del canal m² — % de la Pendiente en el terreno				Capacidad de flujo Q Caudal litros/seg
	0	5	10	15	0	5	10	15	
0.30	1.22	1.34	1.62	1.71	0.19	0.22	0.28	0.33	142
0.46	1.83	2.01	2.29	2.56	0.42	0.60	0.63	0.76	340
0.61	2.44	2.68	3.06	3.42	0.75	0.89	1.12	1.34	594
0.76	3.06	3.35	3.81	4.27	1.16	1.40	1.74	2.09	906

1. El gradiente (la inclinación no debe exceder al 0.5%
2. El caudal esta calculado con una velocidad de 0.6 m/seg y una profundidad de flujo = 1.3 d

Tabla.7.1

b) Bordos. Un bordo (también llamado represa, jagüey, reservorio, tanque de tierra o embalse, según la región) es un talud de tierra que sirve como reservorio para almacenar agua durante las épocas de lluvia y tenerla disponible durante las épocas de sequía *(Fig.7.8)*.



Para determinar el nivel más elevado posible de agua, se buscan los *Puntos Clave* de la vertiente. Algunos de los usos más importantes para los bordos son, a) en lo alto: almacenaje de agua para riego, b) en lo bajo: acuacultura, plantas, animales, c) modificación de microclima, d) control de plagas, e) reserva contra incendios, f) absorción de nutrientes, g) prevención de erosión, h) filtrado y decantado, i) recreación, y j) hábitat para vida silvestre.

Antes de pensar en construir un bordo los primeros temas que se abordan son: ¿Cuánto realmente requiere ser almacenado?, ¿existen otras fuentes de agua disponibles en la propiedad?, ¿cómo fluyen dentro del terreno?, ¿cuánta agua acarrean?, ¿cómo pueden ser captadas?, ¿cuál es la forma más viable de captarlas, económicamente hablando?

Su posición y forma dependerá del tipo de topografía que lo va a contener y debe ser resultado de un proceso de planeación integral utilizando los *Principios de Diseño* con énfasis en el uso de La *Escala de Permanencia*. La carga de agua que reciben estos reservorios proviene de las áreas de captación *aguas arriba*, sin embargo, también se construyen bordos para ser recargados con arroyos y/o bombas de agua desde otras fuentes.

El Bordo es una estructura íntimamente ligada a cuatro elementos:

Primer elemento: en su parte superior, el bordo está ligado al ***Canal de Desviación,*** cuya principal función es la de captar y desviar (hacia un reservorio) las escorrentias producidas por el agua de lluvia o cualquier otra fuente de agua, por ejemplo un arroyo de temporal *(Fig.7.9)*, y al mismo tiempo, promover la infiltración de agua en el terreno.



Fig.7.9

Otra de las funciones del *Canal de Desviación* puede ser la de actuar como ***Derramadero*** *(el cual es el segundo elemento al que está relacionado un reservorio)*. Esto implica que el flujo de agua en el *Canal de Desviación,* puede ser en dos direcciones, una cuando el reservorio se está llenando durante una tormenta y otra, cuando el reservorio está totalmente lleno y le sigue entrando agua y empieza a derramarse (a contra flujo) a través del mismo canal que lo estaba llenando.

De esta manera, el Canal puede entonces conducir el agua hacia otro reservorio en linea, o simplemente la aleja de la vertiente para rebosarla como lámina de agua en la ladera que menos peligro de erosión represente *(Fig.7.10)*.



Fig.7.10

Cuando se construye un *Canal de Desviación* con esta doble función, es muy importante que su nivel de desagüe esté ubicado tan sólo 10 cm por encima del **nivel del agua** (que es el mismo nivel que tiene el agua a la salida del derramadero del bordo).

El corte se hace en tierra firme para que el agua salga reconociendo el terreno naturalmente sin encontrar ningún obstáculo. De esta manera, el pequeño talud que conforma el canal puede contener el agua perfectamente sin ser erosionado. El ancho de este desagüe se calcula en función del caudal del *Derramadero* y puede ser de entre 10 hasta 50 metros de ancho *(Fig.7.11)*.



Fig.7.11

Segundo elemento: ahora bien, independientemente de si el derramadero del reservorio está o no conectado a un Canal de Desviación, el ***Derramadero*** es un elemento indispensable en la construcción del reservorio, ya sea que el exceso de agua lo envíe a través del Canal o que lo desaloje de vuelta a la vertiente (ver el capítulo de bordos para los cálculos y dimensiones de los derramaderos).

Tercer elemento: este derramadero debe contar con un ***Tubo de Derrame*** en la parte superior de su talud, con el fin de evitar su erosión durante aquellas lluvias que duran varios días. Este tubo permite la salida de cierta cantidad de agua por debajo del nivel del derramadero sin afectar su estructura.

Cuarto elemento: Para desaguar el reservorio, se puede instalar un ***Tubo de Desagüe*** en la base de su talud, el cual estaría conectado al *Canal de Riego*. El *Tubo de Desagüe* es un tubo para irrigación de más de 30 cm de diámetro, enterrado bajo el talud y equipado a su salida con una válvula para el control del agua. *(Fig.7.12)*. Si los bordos son poco profundos, el *Tubo de Desagüe* debe ser de mayor diámetro (de 8" a 15") para compensar la falta de presión.



Fig.7.12

c) Canal de Riego. La topografía de un terreno puede ser modificada con la construcción de un *Canal de Riego (o Canal de Irrigación)*, que corre a lo largo de una curva ubicada al nivel del tubo de desagüe de un reservorio, que conducen el agua desde los reservorios hacia las tierras que requieren riego en un momento dado.

El *Canal de Riego* sirve para irrigar (por medio de delgadas láminas de agua de 3-5 cms) la zona ubicada aguas abajo del mismo. Su principal característica es que el agua fluye muy lentamente (casi como marea) para luego rebosar sobre su borde inferior en forma de láminas que varian desde los 15 hasta los 30 metros de ancho *(Fig.7.13)*.



Fig.7.13

Este *Canal* se construye a lo largo de la curva a nivel correspondiente, paleando la tierra hacia el *lado de arriba*, compactándola inmediatamente para utilizarla en el camino que debe estar ubicado justamente en paraleloarriba del canal.

Para prevenir la erosión que provoca el flujo de agua, la pendiente del canal de riego debe ser mínima, con una caída de entre 1 en 250 a 1 en 500 es más que suficiente para su buen funcionamiento. Su forma puede ser la un trapezoide invertido, con una abertura máxima de 1.20 m en su parte superior para brincar de un lado a otro fácilmente *(Fig.7.14)*.



Fig.7.14

Su tamaño dependerá del volumen de agua requerido. La variación en el ancho de la base y el gradiente de la pendiente es lo que determina el volumen del flujo.

Como ejemplo para el uso de la siguiente *Tabla 7.2* se tiene que: un canal con una profundidad de 60 cm y abertura

Abertura(A)=120cm, Base (B), P=60cm	Tasa de Flujo en Canales de Irrigación — En todos los casos, la abertura superior (A) es de 120 cm y la profundidad (P) de 60 cm		
Ancho de la base	***10 cm***	***60 cm***	***75cm***
Gradiente B	ML / hr	ML / hr	ML / hr
1 en 250	1.50	2.38	2.64
1 en 300	1.37	2.17	2.41
1 en 400	1.18	1.88	2.09
1 en 500	1.08	1.68	1.87

Tabla 7.2

de 120 cm, con una base de 60 cm y un gradiente de 1 en 300 en la pendiente de la base (B), puede manejar un volumen de más de 2 Megalitros (2 millones de litros) por hora.

Si para hacer el perfil del canal, se utiliza un mini excavadora (con pala ancha pero de poco diámetro), su forma sería una media luna cuya profundidad (radio) debe ser 60 cms máximo.

Si se utiliza un tractor con *cuchilla angle*, la forma sería un corte angular, la profundidad también debe ser 60 cm y la abertura superior no mayor a 1.20, pues de ser más, quedaría demasiado incómodo para que el operador pase de un lado a otro durante los riegos.

Al construir *Canales de Riego* se define otra área más dentro de la propiedad, el ***Área de Riego,*** la cual, aunada a las ***Áreas de Captación*** y de ***Infiltración*** demarcan perfectamente la vocación de cada zona en una propiedad.

Dependiendo del clima, las necesidades, la disponibilidad de árboles y semillas, el desarrollo de cada área de acuerdo a estos principios potencializa al máximo los cultivos, ya que en el Área de Captación se siembran naturalmente aquellos árboles nativos y resistentes a la sequía (maderas finas, productores de postes y leña, nueces, polinizadores, leguminosos y acondicionadores de suelos como las acacias), que requieren de poco o nulo riego y cuidados.

En el *Área de Infiltración* se siembran praderas y/o cultivos que solamente reciben el agua de la lluvia pero que son además beneficiados por las infiltraciones de los *canales de desviación*. En el *Área de Riego* se siembran los cultivos que tienen un mayor valor comercial.

Generalmente, con ajustes menores en los niveles, los bordos (reservorios) pueden ser interconectados de tal manera, que cada bordo en *línea clave*, puede alimentar (vía un *Canal de Riego*) al bordo ubicado al siguiente nivel más abajo.

Manejo del Canal de Riego

Yeomans desarrolló una técnica de riego muy sencilla, con la cual una sola persona (sin bombas) puede regar de 10 a 20 hectáreas por hora. A la fecha no existe un sistema de riego más económico en el mundo. Como se mencionó, el agua se deja fluir desde los reservorios elevados a los canales de riego a través de los tubos de Desagüe. Para controlar el flujo de agua en los canales, Yeomans utilizaba un pedazo de lona atado por un extremo a un palo de 1.80 metros de largo, con una cadena de acero atada a los otros tres extremos (es como una especie de bandera) *(Fig.7.15)*.



Fig.7.15 Compuerta Yeomans

De esta manera el palo puede ser apoyado en la parte superior del canal mientras el peso de la cadena lleva la lona al fondo, a su vez, el peso del agua se encarga de "sellar" esta sencilla y liviana compuerta portátil. Las ventajas de este sistema son tanto para el operador (quien realiza un esfuerzo mínimo para hacer su trabajo) como para el canal, el cual no se perturba en lo absoluto con los habituales movimientos de tierra usados en el riego tradicional. Este sistema busca incrementar la fertilidad de la tierra al grado que sea capaz de **absorber la máxima cantidad de agua durante los primeros 5 a 10 minutos** en lugar de 10 horas (que es el promedio de tiempo que tarda en infiltrarse el agua en los riegos tradicionales).

En la siguiente imagen *(Fig.7.16)* se aprecia cómo el agua sigue "fluyendo" por el canal una vez que el operador retira la *bandera*, después de haber regado la primera sección a sus espaldas, mientras tanto la lona que se aprecia en primer plano, se encuentra lista para retener el agua y obligarla a rebosar cuesta abajo.


Fig.7.16

En la *Imagen 7.17* se aprecia como el agua fluye lentamente hasta la segunda posición donde la *bandera* le impide continuar por el canal, y le obliga a subir el nivel en el canal mismo. La distancia de las banderas entre una posición y la siguiente depende del caudal disponible, puede variar ente 15 y 30 metros.


Fig.7.17

Cuando el nivel del agua llega al borde superior del canal (el cual está perfectamente nivelado), el agua se desborda en forma de manto, irrigando inmediatamente la pradera sin provocar erosión alguna *(Fig.7.18)*, mientras tanto, se tiene suficiente tiempo para ubicar la siguiente bandera en posición.

Técnicas de Irrigación


Fig.7.18

De nuevo, una vez que se completa el riego de esta sección, se procede a jalar un poco la cadena desde el fono del canal, para que el agua circule por debajo de la bandera y facilite el retirarla completamente y así moverse a la siguiente posición (*Fig.7.19*).


Fig.7.19

El consumo del agua de riego varía de acuerdo al país y la actividad en que se utiliza. En el mundo, más del 70% de los cultivos son irrigados y aunque esto contribuye con casi el 40% de la producción total de alimentos, la mayoría de los sistemas irrigados son ineficientes, se calcula que el 60% del agua se pierde por evaporación o reflujo de los ríos y del subsuelo.

Se requieren 250 litros de agua para producir 1 kg de alfalfa, 10,000 lts para 1 lt de leche, 30,000 lts de agua para 1 kg de carne, 250 lts para 1 kg de acero, y 380 lts para 1 kg de papel.

Antes de pasar a describir las técnicas de riego, es necesario entender algunos conceptos acerca de las tierras y sus composiciones.

1. Capacidad de campo se considera como el volumen de agua retenido (toda vez que el exceso ha sido drenado) en un terreno después de un par de días de haber sido saturada por una buena lluvia o un buen riego. La retención es un factor crítico para la vida de los microorganismos en las tierras. El tamaño y forma de los agregados en la tierra varía considerablemente, su tamaño normal es como el de pequeñas piedritas, los espacios entre los agregados (poros) se pueden llenar con agua y aire. Cuando los agregados se mantienen firmes, resisten un poco los golpes y tienen una forma tal, que sus poros están bien interconectados a través de diminutos canalillos, se dice entonces que ***la tierra tiene una buena estructura.***

Las pequeñas raicillas de las plantas y pastos pueden crecer muy bien entre los laberintos formados por todos estos poros en busca de humedad y nutrientes. Los poros almacenan humedad y a este volumen de agua retenida se le llama *Capacidad de campo* (o sea, la capacidad de un terreno para retener agua destinada al crecimiento de las plantas). La capacidad de campo determina el tiempo que los micro y macro organismos, pueden vivir en el suelo antes de que la siguiente lluvia comprometa su sobrevivencia. Suelos ricos en humus tienen una excelente capacidad de campo, suelos pobres, tienen muy poca, mientras que los arenosos casi no tienen.

Las prácticas de agricultura orgánica y Agricultura en Líneas Clave incrementan enormemente la *Capacidad de Campo*, lo que reduce los requerimientos de lluvia y riego.

2. Irrigación en laderas. La irrigación en laderas a partir de canales en Líneas Clave, es el método más económico para regar terrenos ondulados con laderas y vertientes. En el pasado, el único método para hacer riego por inundación en terrenos con pendiente, era creando terrazas para usarlas en el cultivo del arroz.

Implementar el *Diseño Keyline en Líneas Clave*, construyendo reservorios y sistemas de manejo de agua de bajo costo, significa acelerar enormemente el desarrollo de la fertilidad del suelo, lo que redunda en el incremento de la producción de cultivos y pastizales al igual que en la disminución de costos por concepto de irrigación y fertilización.

Una de las grandes diferencias que hay entre los *Principios del Diseño Hidrológico en Líneas Clave*, al igual que en las técnicas de los sistemas convencionales de riego, son precisamente las estrategias de irrigación.

Los sistemas convencionales de riego rodado consideran a las tierras como un sustrato inerte (paradójicamente también se considera que son "capaces de deteriorarse"). Se les "irriga" inundándolas y forzando al agua a quedarse en el sitio durante horas (mientras que se infiltra la cuota predeterminada), esto a pesar del grave detrimento que sufren por compactación, saturación, anegamiento, además de la sofocación que produce en las raíces de las plantas "irrigadas" (Fig. 7.20a).


Fig.7.20a

Una tasa promedio de absorción de agua en tierras irrigadas es: 12 mm durante la primera media hora, muy poca durante las siguientes dos horas; y quizás en 10 horas aún no ha terminado de absorber 75 mm de agua.

Por otro lado, el *Diseño Hidrológico* reconoce que cualquier tierra es la casa de millones de micro y macroorganismos que mantienen una *fertilidad biológica*, la cual puede ser incrementada sustancialmente para transformar la estructura de la tierra y aumentar su *fertilidad física*. Las tierras verdaderamente fértiles absorben agua tan rápido como se les aplica. De aquí que, ***el objetivo del sistema de riego en el Diseño Hidrológico es que la tierra absorba la mayor cantidad de agua en el menor tiempo posible.***

- ***Cuota de Irrigación.*** En praderas cuyas tierras no son fértiles, es necesario implementar varias estrategias de manejo hidrológico. Una de las más importantes es la *Ranuración (Fig.7.20b).*


Fig.7.20b

Esta práctica se lleva a cabo a poca profundidad y con el arado de cincel Yeomans, con lo que se habilitan para **absorber una cuota (estimada) de 55 litros (55 mm) de agua por metro cuadrado por evento. Este sistema busca incrementar la fertilidad al grado que la tierra sea capaz de absorber la máxima cantidad de agua**

durante los primeros 15 segundos, medio minuto o 10 minutos. Al ranurar la tierra (paralelamente a las líneas Clave) se mejora la aireación y las condiciones de vida en ella, lo cual empieza a cambiar inmediatamente su estructura y fertilidad, convirtiéndola en una "esponja" que absorbe agua muy rápidamente.

• ***Para irrigar con el sistema de Líneas Clave,*** se instala un tubo de entre 20" y 30" que drena los reservorios desde abajo, el agua fluye (controlada por una sola válvula) a los *canales de irrigación* (los cuales están casi al mismo nivel de la válvula). El riego se efectúa *bloqueando* el paso del agua en determinado punto para obligarla a rebosar desde el canal ladera-abajo en forma de lámina de agua, el ancho de estas láminas puede ser de 20-30 m.

• En tierras demasiado planas se utiliza un sistema ligeramente diferente. De cualquier forma, una persona puede, cómodamente, regar y controlar un flujo de agua de más de un millón de litros por hora suficientes para irrigar casi una hectárea.

• ***El costo de irrigación*** por hectárea equivale simplemente al costo del interés sobre el capital invertido en la construcción de los reservorios (bordos o jagüeyes) y los canales a nivel, más los minutos invertidos para cada movimiento. No existe un sistema más económico de irrigación.

Los *Principios Keyline de Linea Clave* están totalmente en contra del concepto de concentrar escorrentías de agua en canales específicamente construidos para deshacerse (lo más rápido posible) del agua que cae sobre los terrenos.

Sin embargo, esta práctica es uno de los fundamentos de los principios en la tan promovida técnica de conservación de suelos y gracias a la cual, día a día, millones de toneladas de tierra arable colorean los ríos en su inexorable camino al mar.

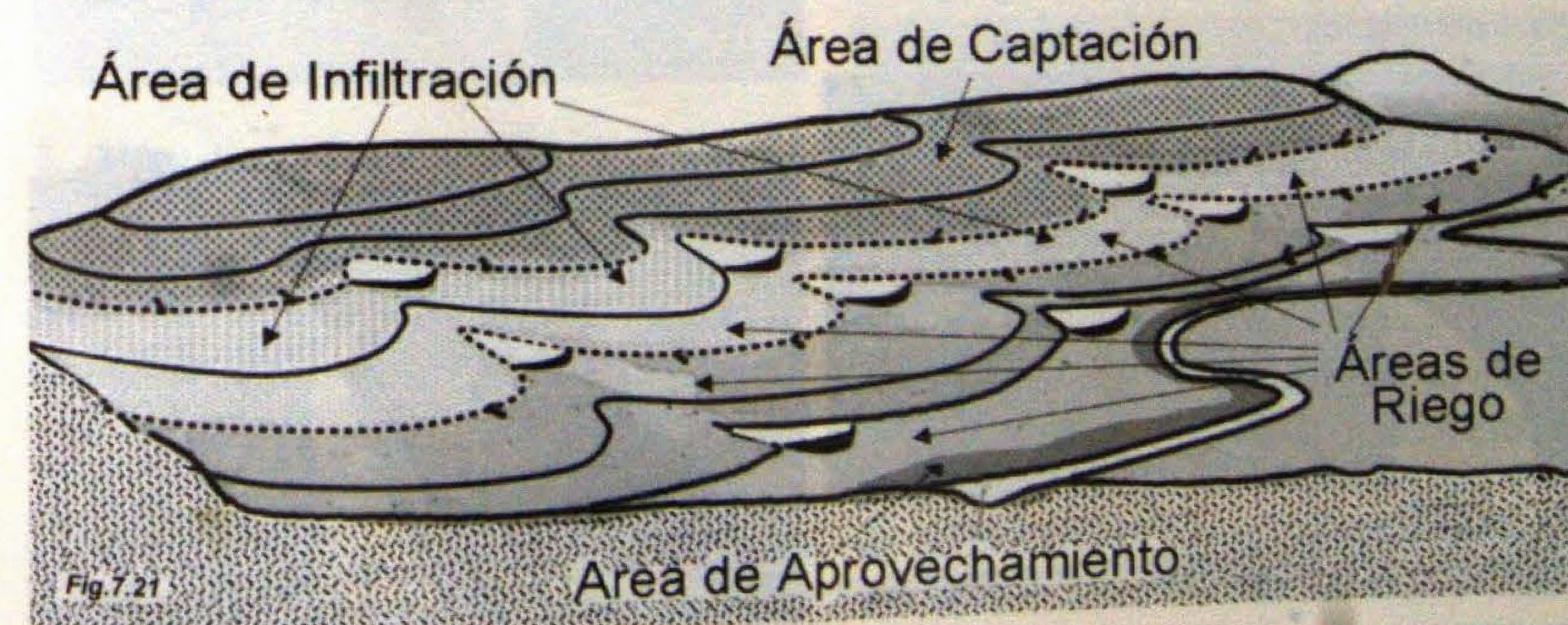
3. Irrigación en llanuras. En los terrenos planos, el *Diseño Hidrológico en líneas Clave* a menudo funciona mejor. Si los terrenos son apropiados, el sistema de *Canal de Riego para Inundación* es el método más rápido, totalmente controlado, movido por gravedad, manejado por un solo hombre para irrigar los campos. Con flujos de hasta 10 megalitros (10 millones de litros) de agua por hora, se riegan 20 hectáreas/hora con una lámina de agua de 50 mm. El tiempo de inundación se mantiene preferiblemente abajo de la media hora. *Los sistemas tradicionales de riego por inundación usados en la mayoría de los esquemas a gran escala, ahogan a los microorganismos aeróbicos en las tierras, le provocan un fuerte estrés a los cultivos y promueven la salinidad.*

4. Beneficios Bellos. Implementando estrategias diseñadas con diversas finalidades, este sistema promueve (de manera muy económica) el desarrollo de la biología en las tierras, aumenta la rentabilidad al incrementar la productividad del suelo y reducir los costos de producción, resultado del óptimo aprovechamiento del agua. Los paisajes bien diseñados pueden ser productivos y a la vez hermosos; las propiedades, granjas y fincas desarrolladas de esta manera cuentan con pequeños lagos repletos de peces y aves acuáticas, caminos en curvas a nivel con gruesas franjas de árboles robustos, tierra oscura y fértil, cultivos sanos y verdes praderas. El Diseño se adapta perfectamente a la topografía de tal manera que los elementos que se introducen llegan a formar parte del paisaje natural.

El *Manejo Hidrológico en líneas Clave* también funciona correctamente durante tormentas en las que todos los reservorios de agua están moviéndose a muy baja velocidad a su máxima capacidad, ya que los patrones de cultivación de tierras hechos en Líneas Clave, alejan el agua de las vertientes conduciéndola a fluir en forma de láminas delgadas de agua por las laderas muy lentamente en lugar de permitirle fluir (como naturalmente ocurre) dirigiéndose hacia las vertientes y formando rápidas corrientes. Aún en laderas un poco más escarpadas la tierra no se erosiona.

Continuidad. El nivel de las *líneas Clave* de los valles primarios seleccionados, se determina de tal manera que el *Canal de Desviación-Infiltración* pueda conducir el agua al primer reservorio y de ahí continúe más allá para conectar con dos o más reservorios. De esta manera los derramaderos permiten que el agua fluya para llenar otros reservorios al mismo nivel o a un nivel más bajo. De igual manera, *el Canal de Irrigación*, conecta (desde arriba) a un bordo aguas abajo.

Cuando hay más agua para almacenar y necesidad de más sitios para almacenarla, se repite la interconexión con la construcción de *Canales de Desviación-Infiltración* y *Canales de Irrigación* con nuevos reservorios, aguas abajo en los valles primarios, las áreas 2 y 3 (*Infiltración y Riego*) se repiten aguas arriba del área 4 (*Aprovechamiento*) *(Fig. 7.21).*



Factor 4. Los Caminos y las Áreas

La ubicación de los caminos está condicionada a los patrones topográficos inducidos en el *Diseño Hidrológico Keyline*, por lo que deben encajar naturalmente en las nuevas lineas de agua, demarcando áreas que pasan a tener muy diferentes características, toda vez que los canales se hayan implementado.

Esto tiene por consecuencia un importante ahorro en mantenimiento de caminos. Por otro lado, circular a lo largo de contornos a nivel, es mucho más fácil y requiere menos esfuerzo. Hay diferentes usos para los caminos, cada uno cumple su propia función aprovechando las infraestructuras que se crean en la implementación del aprovechamiento hídrico de la propiedad:

1. Caminos en lineas divisorias de agua. Los parteaguas de *laderas principales* son zonas que casi no tienen flujo de agua, generalmente son lugares altos y secos, muy apropiados para la construcción de caminos en la parte más alta de la propiedad, lo que permite un control más efectivo de incendios. Los parteaguas de *laderas primarias*, también son zonas divisorias de aguas, por lo que un camino emplazado sobre esta línea no cruza las líneas naturales de flujo de agua, la cual

puede ser encauzada desde ambos lados del camino. Cuando se cuenta con una loma (cima) dentro de la propiedad, el camino debe ubicarse *a lo largo de la linea de la cresta de la ladera principal* para darle servicio a esta primera zona llamada ***Área de Captación y Recarga.*** Al estar ubicado en la parte más de la propiedad, este camino permite el acceso inmediato a la zona boscosa y puede tener el doble propósito de servir como guardarrayas en caso de incendio *(Fig.7.22).*



Fig.7.22

2. El camino del *Canal de Desviación* se encuentra aguas abajo de la zona de Captación. Canal y camino pueden ser una misma estructura que circunda esta Zona y la demarca *(Fig.7.23). Camino y canal* captan y conducen agua con el minimo de infiltración.

Con una pendiente de 1m en 400m es una de las mejores formas para llenar de agua los reservorios. El camino pasa sobre el talud mientras el agua entra directamente al reservorio (pudiendo también dirigirse a la base del mismo).



Fig.7.23

Este conjunto de *canal-camino* y *reservorio*, divide a la ladera principal (*Área de mayor Captación y Recarga pluvial*) de las partes altas de las laderas primarias (*Áreas de Temporal*) y del resto de la propiedad.

3. El camino de los *Canales de Irrigación.* La función del canal de irrigación es conducir y derramar agua por su borde más bajo para regar las praderas o cultivos, esto implica que la ubicación de un camino paralelo al canal de irrigación debe ser ***ladera arriba*** del mismo.

Debido a que el canal de irrigación recibe el agua desde la base del bordo, lo ideal es que el camino pase sobre el ***tubo de desagüe*** (para lo cual el tubo debe extenderse por lo menos 4 metros más allá de la base del talud).

En los puntos donde el camino requiera cruzar el canal, se recomienda usar un puente de vigas de madera o de acero, el cual puede ser removido para dar mantenimiento al canal.

Entre este conjunto de *Camino-Canal de riego* y el *camino* que corre al lado del *Canal de Desviación*, se encuentra el ***Área de Infiltración,*** debido a que solamente recibe agua durante la temporada de lluvias, pero a diferencia del *Área de captación*, en el *Área de Infiltración* si se cultiva la tierra o se mantienen praderas para el pastoreo *(Fig.7.24).*



Fig.7.24

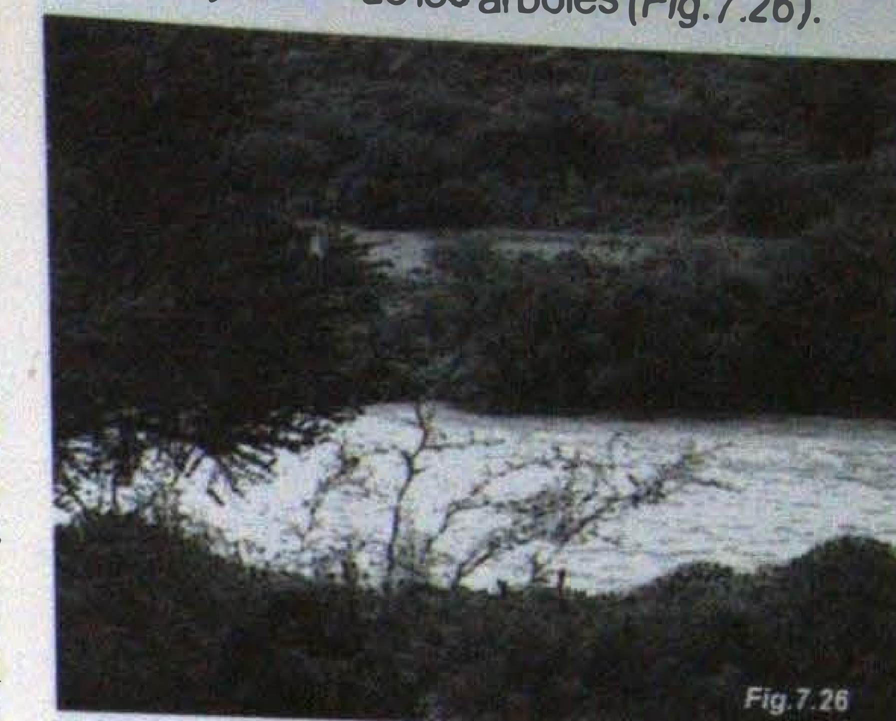
Como ya se mencionó, la parte o partes del terreno que se benefician del riego se denominan las *Áreas de Riego*. Están demarcadas (ladera arriba) por el canal de riego que conduce el agua desde los reservorios hasta las áreas de riego, este canal y su correspondiente camino, demarcan por su límite superior al ***Área de Riego,*** es aquí donde se siembran los cultivos de más valor, los árboles frutales o se mantienen las praderas más productivas.

4. Los caminos marginales que recorren el perímetro de la propiedad, generalmente tienen problemas de erosión, pues suben y bajan de acuerdo a la topografía del terreno, sin embargo, es necesario evaluar su implementación ya que facilitan el acceso para dar mantenimiento a la cerca perimetral que circunda la propiedad y además pueden servir de guardarrayas contra incendio *(Fig.7.25).*


Fig.7.25

5. Canal de aprovechamiento. Es aquél que controla las aguas rebosadas que fluyen cuando la capacidad de almacenaje y absorción de los reservorios y la tierra llegan a su límite, demarca (*ladera arriba)* al área de irrigación y (*ladera abajo)* a una **cuarta zona** llamada ***Área de Aprovechamiento.***

Esta área se ubica entre el arroyo o límite final del terreno *aguas abajo*, marcada por una franja de árboles en la parte más baja del terreno, y a través de la cual, el agua que abandona la propiedad pasa irrigando y al mismo tiempo siendo filtrada por la biomasa de hojas y raíces de los árboles *(Fig.7.26).*


Fig.7.26

Las 4 áreas están interconectadas con sus propios caminos, cuya posición es a lo largo de las líneas divisorias o de las líneas de centro de una o dos crestas primarias en cada región-unidad.

El patrón impuesto al implementar estas nuevas líneas en el terreno, no sólo divide el paisaje en áreas bien definidas, sino también divide a éstas áreas en 2 o 3 secciones con uno o dos caminos que las interconectan y que corren a través de ellas. De hecho, esta división adicional de las bioregiones naturales aporta las bases para una subdivisión completa de la propiedad.

Factor 5. *Los Árboles*

Los árboles son un factor **indispensable** para la vida, la armonía y el enriquecimiento tanto de las propiedades rurales como de los países. Los árboles son el Clímax de la naturaleza, la conjunción de todas las virtudes y bondades de las que es capaz el mundo vegetal expresado en forma de selvas y bosques, acumuladores inmensos de biodiversidad y capacidad de almacenaje energético.

Toda propiedad debería tener por lo menos un 30% de su área cubierta de árboles ya que, día a día, además de construir suelos, capturar CO_2, fertilizar las tierras, desviar los vientos dominantes que deshidratan y maltratan praderas, cultivos y huertas; una zona debidamente arbolada acumula agua, madera, combustible, fruta, vida silvestre y miel entre otras cosas. *(Fig. 7.27)*.


Fig.7.27

Además, son capaces de acumular biomasa (de 5 a 30 toneladas por hectárea al año) y, situados en lugares apropiados, se les puede sembrar en tierras pobres e inservibles para la producción de alimentos. La diversidad de árboles debe ser tal que tengan múltiples propósitos y múltiples cosechas.

Los principios del *Diseño en Lineas Clave* establecen las partes del terreno que deben ser reforestadas para formar barreras rompevientos, áreas sombreadas para los animales, para reducir erosión, filtrar escorrentías y aportar un microclima benéfico.

El manejo de las franjas arboladas (especialmente a lo largo de los caminos) se considera como parte integral del *Diseño Keyline*, encaminado a mejorar de manera rápida y económica la fertilidad de la tierra. Uno de los efectos más importantes de estas franjas es la conversión del suelo en tierra fértil a través de la movilización de minerales desde las capas más profundas del subsuelo. Las franjas de árboles aportan justamente lo que busca el ganado, áreas de tierra firme y más seca que las praderas abiertas. Al no ser compactada cuando está húmeda, la pradera se desarrolla con mayor facilidad *(Fig.7.28)*.

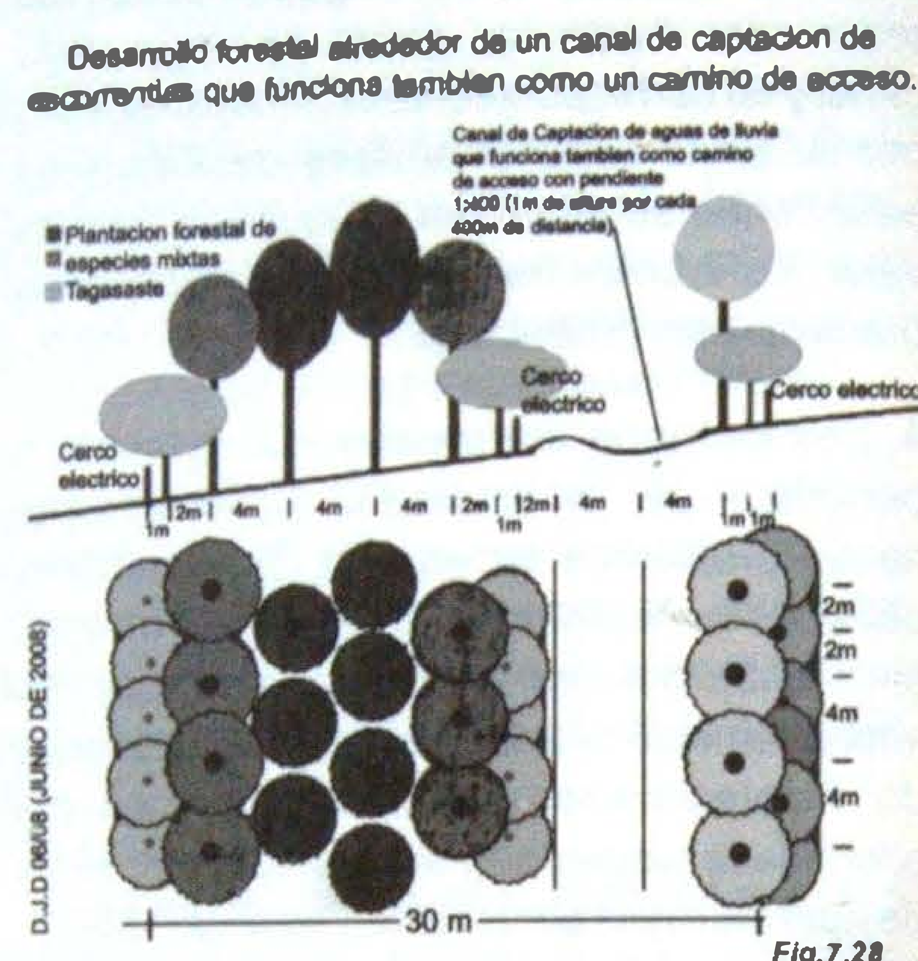


Fig.7.28

Es muy común observar que, en terrenos de cultivo y pastoreo, gradualmente se tienda a remover todos los árboles (por considerarlos enemigos de los cultivos o de la pradera), justificando la remoción con argumentos tales como *sombrean demasiado* o *roban agua y nutrientes a los cultivos*; la propiedad termina totalmente desprovista de este vital elemento estabilizador y poco a poco pierde su fertilidad, se ve constantemente afectada por los vientos y se erosiona más fácilmente.

Los árboles quizá sean uno de los temas más relegados al momento de diseñar una propiedad de producción agropecuaria, sin embargo son de vital importancia y sólo es cuestión de entender su función y posición para obtener los enormes beneficios de contar con su presencia. De ser necesario deben ser talados y/o replantados en los lugares correctos para: proporcionar sombra al ganado, romper el viento que seca el suelo de

praderas, campos de cultivo y huertas, aportar hábitats para la vida silvestre, aportar leña para combustible, madera fina para la fabricación de muebles, postes y vigas; además de aportar el acolche necesario para estabilizar el suelo con sus hojas secas.

Posición de las franjas de árboles. En los terrenos, los árboles tienen tres lugares preponderantes:

1. ***En las Áreas de Captación y Recarga.*** En estas áreas los árboles cumplen varias funciones: como barreras rompevientos, como amortiguamiento del golpe de la lluvia, como esponja que absorbe y disminuye la velocidad de los escurrimientos.

Se deben sembrar variedades nativas resistentes a las condiciones climatológicas de la región y que no tienen necesidad de riego *(Fig.7.29)*. La separación entre árboles puede ser de hasta 20 metros y a partir del tercer año se pueden hacer pastoreos ocasionales en esta área para reducir la posibilidad de incendio.



Fig.7.29

2. ***A lo largo de las nuevas líneas de agua.*** En los *Canales de Desviación*, los árboles se siembran, paralelamente, al lado de *arriba* del Canal, en franjas que pueden ser de 20 metros de ancho, lo que permite una vista completa (hacia abajo) desde el camino *(Fig.7.30)*.



Fig.7.30

Al correr paralelamente al canal, la franja de árboles pasa justamente por detrás de los bordos provocando tres efectos benéficos; aporta sombra y les protege de vientos que aumentan la evaporación del agua, sirve de prefiltro y retiene la erosión de sedimentos que eventualmente terminarian en el fondo del bordo.

En los *Canales de Riego*, los árboles se siembran, paralelamente, al lado de *arriba* del Camino, para dejar un espacio libre entre camino y canal que permita maniobrar con comodidad los riegos *(Fig.7.31)*.



Fig.7.31

3. ***A lo largo de cauces de agua*** para proteger las líneas el drenaje natural (arroyos a lagos y mares) de productos de desperdicio que proviene de las unidades agropecuarias, se establecen principalmente en el *Área de Infiltración* donde las escorrentías son absorbidas y filtradas, a través de la gruesa

capa de hojas, antes de llegar a las corrientes de agua. Uno de los principales objetivos del *diseño Keyline* es precisamente, el mejoramiento de la fertilidad de las tierras, de aquí que sus estrategias están encaminadas a asegurarse que todos los desperdicios producidos en la propiedad (estiércol, hojas secas, desechos de plantas, etc.) queden en el propio terreno para descomponerse y reintegrarse.

Cuando el agua abandona la propiedad, debe hacerlo habiendo sido primero absorbida por la tierra para mejorarla, de tal manera que ningún desecho de la granja, rancho o finca, contamine las aguas comunes de la región y los mares.

El manejo del diseño para desarrollos urbanos y cualquier asentamiento humano se planifica aplicando los mismos criterios, esto es, el agua como eje central de la planeación.

4. En otras Líneas. Cuando no se cuenta con ningún tipo de canal para marcar el recorrido de la franja de árboles, se toma como referencia la *Línea Clave* que más influencia tiene en el terreno. Si tampoco esta Línea está disponible, se utiliza la parte más alta de la curva más baja que se extiende a lo largo de la pradera más importante del terreno, esta marca posteriormente va a servir como guía para el cultivo siempre y cuando el agua fluya de la vertiente a la ladera.

5. En pendientes pronunciadas. Talar árboles en pendientes muy pronunciadas resulta contraproducente por riesgos y los problemas de erosión que causa *(Fig.7.32)*. Sin embargo, por otro lado, se tiene la idea de que en laderas donde se dificulta el cultivo o los pastizales que no producen lo esperado (por ser muy empinadas) lo adecuado es sembrar árboles indiscriminadamente hasta cubrir estos espacios.



Fig.7.32

El problema con esta práctica, es que la pendiente provoca que el viento se acelere más que en ninguna otra parte del terreno y justamente, en los periodos de estiaje, los árboles aportan una gran cantidad de materia seca que es fácilmente incendiable. **Lo ideal es adoptar el criterio de sembrar los árboles en franjas según los siguientes lineamientos:**

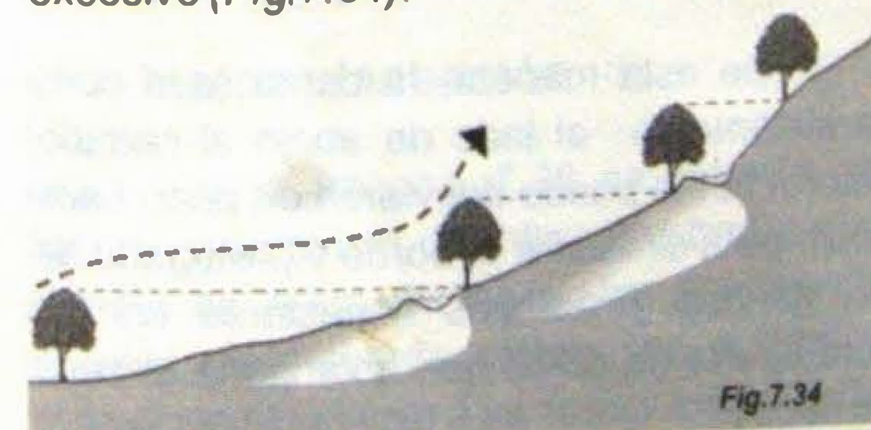
Tamaño. El ancho de las franjas de árboles depende de varios factores; el tamaño de la propiedad, la inclinación del terreno, el sol, el tipo de cultivos o praderas y, la precipitación pluvial. Si bien, cada caso es particular y se debe resolver de acuerdo a la escala de permanencia, en grandes extensiones y dependiendo de las necesidades del productor, el ancho de estas franjas puede ser desde 15 a 50 metros.

Espacio entre franjas. Uno de los criterios más básicos para espaciar las franjas de árboles es tomar en cuenta el sombreado que producen y su efecto en el crecimiento de cultivos o praderas. Si bien, durante sus tres primeros años de establecimiento una franja de árboles puede competir por agua y nutrientes, posteriormente (implementada como se ha mencionado) tiene un efecto positivo en los pastizales.

Las vacas tienden a agruparse bajo la sombra de los árboles; cuando solamente hay un pequeño grupo de árboles, la vegetación se deteriora notablemente en el sitio ya que el animal tiene que estar evaluando entre si se aleja de la sombra para comer o se protege del sol; por otro lado, al contar en todo momento con una sombra cercana, puede refugiarse del sol en cualquier momento *(Fig.7.33)*.


Fig.7.33

Las franjas de árboles se ubican paralelamente **(en el sentido vertical)** de acuerdo a la relación que hay entre su altura y la inclinación del terreno. La altura del árbol determina el intervalo **vertical** entre las franjas. Para saber donde ubicar la franja siguiente (ladera arriba) se proyecta hacia la ladera una línea (al nivel la copa del árbol más alto) y esto demarca la posición de la siguiente franja, el área libre queda protegida adecuadamente contra vientos y asoleo excesivo *(Fig.7.34)*.


Fig.7.34

Este criterio funciona bien para laderas pronunciadas y también con menos inclinación, ya que las franjas se acercan entre sí cuando la pendiente es muy pronunciada y se alejan entre sí cuando la ladera es menos pronunciada *(Fig.7.35)*.


Fig.7.35

Factor 6. *Las Construcciones*

Infraestructuras tales como casas, bodegas, taller, gallineros, etcétera son el sexto factor a tomar en cuenta en la escala de prioridades. El área más apropiada para instalar la mayoría de estas estructuras es el área de *Captación y Recarga (Fig.7.36)*.



Fig.7.36

Esto es por varias razones; **1.** Es el área más protegida de todas, al contar con una barrera de árboles protegiéndole de los vientos ladera arriba, **2.** Se encuentra en el cinturón termal de la propiedad, no está ni en la cima de la colina (sujeta a fuertes vientos e incendios por cualquier parte) y tampoco está ubicada en el valle (sujeta a inundaciones y en zonas donde se acumula el aire frío).

3. En términos de funcionalidad, no interfiere en la parte operativa de las áreas productivas (Temporal y Riego), 4. En términos económicos, se aprovecha la infraestructura prioritaria construida (por ejemplo caminos a lo largo de Canal de Desviación, el cual es la primera modificación a realizar en un Rediseño topográfico de la superficie de cualquier terreno), 5. En términos de control visual sobre todo lo que ocurre en las áreas productivas, tiene una posición inmejorable, ya que los árboles quedan al margen en la parte de atrás. En el caso de la casa, se puede ubicar de tal manera que se alcance a ver hacia la entrada de la propiedad y hacia las áreas de trabajo. El estudio permacultural de los *Sectores* que tienen influencia sobre la propiedad facilita aún más la ubicación y orientación precisa de la casa y sus estructuras aledañas. 6. Al estar ubicada por encima del *Canal de Desviación*, se tiene una muy buena vista a los mantos de agua.

Factor 7. *Subdivisiones y cercas*

El *Diseño Hidrológico en Líneas Clave*, nos muestra cómo **las dos líneas naturales** que determinan el flujo del agua, **aunadas a las nuevas líneas** que se implementan como parte del diseño hidrológico, **marcan la ubicación precisa de las cercas** a partir de las crestas naturales del terreno, las cuales enmarcan unidades bioproductivas con muy diferentes características.

1. Las cercas Perimetrales son las que delimitan la propiedad, independientemente de si la cerca sube o baja dependiendo de la topografía, éstas son las únicas cercas totalmente permanentes.

2. Las cercas de Subdivisión y Manejo de ganado deben correr a lo largo de los canales que circundan cada una de las diferentes áreas y sus interconexiones (puertas) se hacen en puntos clave donde el manejo de algún elemento es obligado. Por ejemplo, en el acceso a las válvulas que controlan el flujo de agua a los canales, en los abrevaderos, en los pozos profundos o cualquier otra infraestructura ubicada entre dos áreas con diferentes características *(Fig.7.37)*.


Fig.7.37

3. La cerca que corre paralela a los *Canales de Desviación*, lo hace al *lado de abajo* del canal con el camino ubicado entre la cerca y el canal. De tal manera que, si se viene *bajando* la ladera, se ubica primero la franja de árboles un poco más abajo el *Canal de Desviación* luego el camino y finalmente la cerca.

Dado que este canal está diseñado para conducir agua a los reservorios, el camino que lo acompaña, naturalmente puede pasar sobre el bordo de contención de agua (y también desviarse para pasar *al lado de abajo* del bordo) cuando el canal llega al reservorio.

De esta manera, la cerca (que corre paralelamente al lado de abajo al camino) naturalmente puede desviarse un poco *hacia abajo* para circundar el bordo y protegerlo así del ganado y además conectarse con su contraparte (la cerca que acompaña al *canal de riego*).

4. La cerca que corre paralela a los *Canales de Riego*, se construye *al lado de arriba* dejando un espacio de 4-6 metros para que el camino se ubique también al *lado de arriba* del canal, y no se dañe cuando se deja correr el agua para irrigar. Si se viene *bajando* la ladera, se ubica primero la franja de árboles un poco más abajo de la Cerca, luego el camino y finalmente el Canal de Riego. De esta manera la cerca delimita el *área de pastoreo* (o de cultivo irrigado) del *área de temporal*.

Generalmente el diseño de granjas, fincas, ranchos, pueblos y aun grandes ciudades se hace sin tomar en cuenta la topografía natural de los terrenos. Potreros, caminos y cultivos, se ubican enmarcados por cercas montadas en líneas rectas las cuales, en la mayoría de los casos "suben y bajan" cortando el paisaje en cualquier punto, lo que resulta en potreros anegados, caminos erosionados y todo tipo de problemas relacionados con el flujo del agua durante y después de las tormentas.

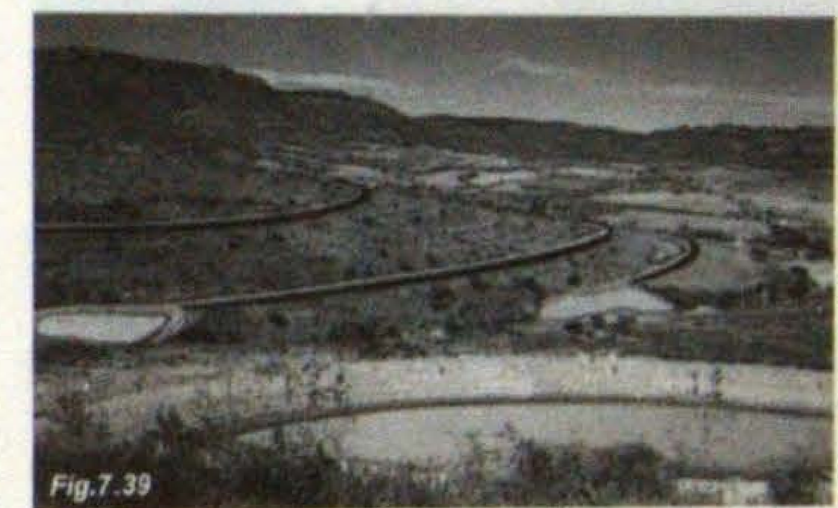
Por otro lado, el conocimiento básico de la topografía de cualquier terreno aunado a las técnicas del manejo hidrológico permite al agricultor ahorrar miles de pesos en costosas infraestructuras. Implementando un buen diseño para controlar el agua que corre sobre la superficie, puede cambiar radicalmente la velocidad y forma en la que sus tierras absorben y aprovechan el agua.

Una buena planeación

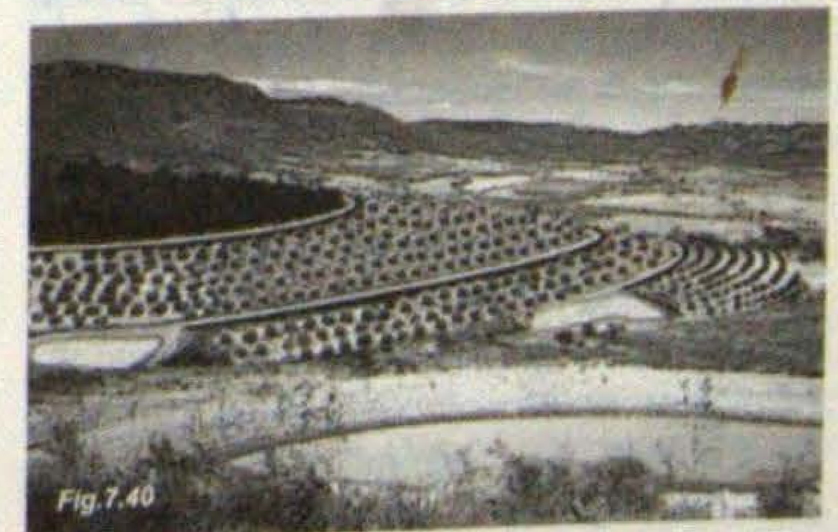
En la *Imagen 7.38* se aprecia una ladera desprovista de infraestructura para el control de agua de lluvia, las escorrentías corren rápidamente sobre su superficie, erosionando la tierra a su paso y evitando que el agua se infiltre en el suelo debidamente. La tierra es yerma y su producción es muy escasa.


Fig.7.38

Para cambiar esta situación se construyeron tres canales a nivel que controlan toda el agua conduciéndola a reservorios para almacenarla y aprovecharla cuando la lluvia escasea. Al reducir la velocidad del agua, los canales la infiltran en el suelo recargando la tierra, mejorando su estructura y aumentando su reproductividad biológica *(Fig.7.39)*.


Fig.7.39

En la *Imagen 7.40* se aprecia el patrón de siembra de los árboles que aprovechan y capitalizan el agua almacenada en la tierra. La cima de la ladera es el Área de Captación (densamente reforestada) y las franjas entre los canales son áreas de Infiltración y Riego.


Fig.7.40

El Patrón de plantación de árboles se hace de acuerdo a la topografía del terreno, en el que **la Linea Clave es la guía** para las todas las líneas de siembra, o en su defecto, se toma la curva a nivel más baja, asegurándose de que el flujo de agua sea desde la vertientes hacia las laderas.

En la *Imagen 7.41* se aprecia las curvas a nivel con la Clave marcada en líneas punteadas.

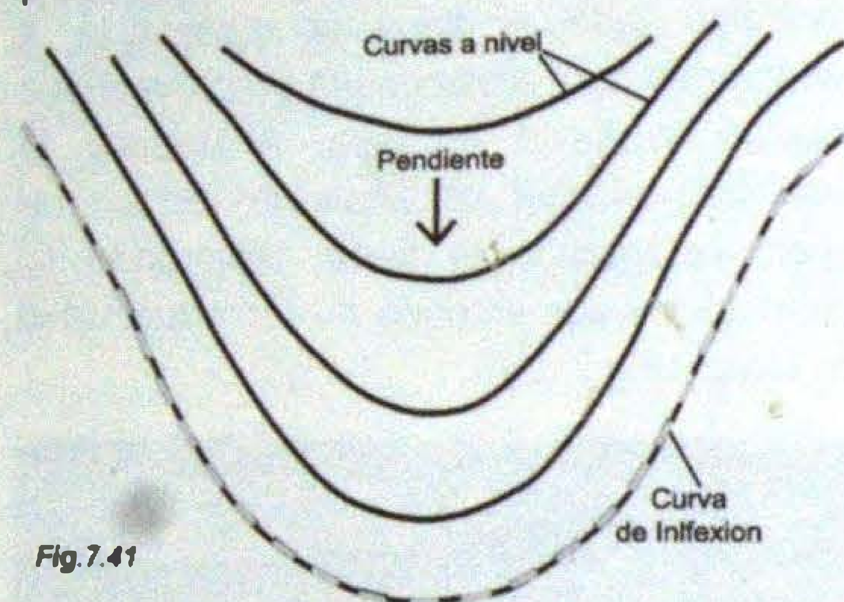


Fig.7.41

En la *Imagen 7.42* se marca todas las hileras de siembra de árboles en paralelo a la línea Clave.

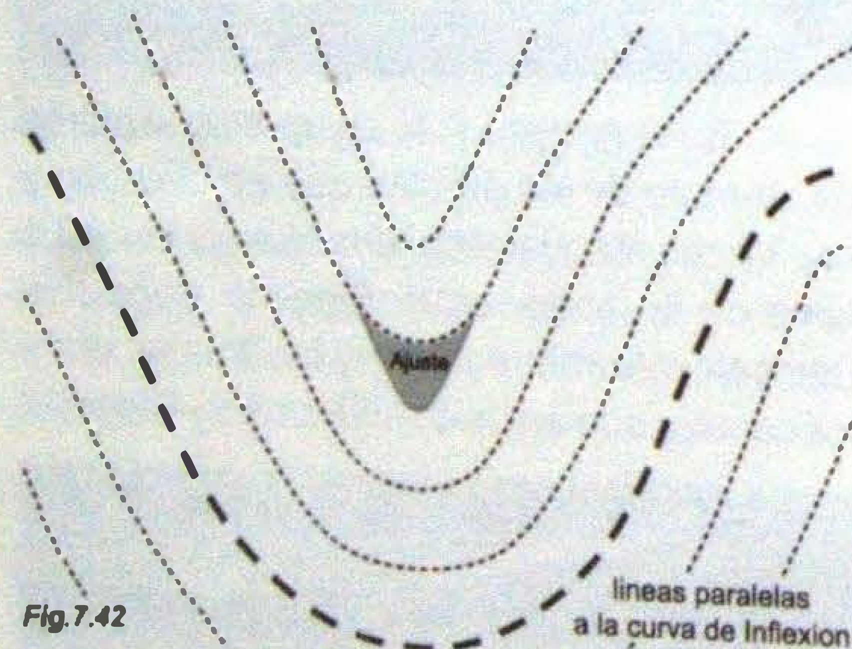


Fig.7.42

El triángulo al centro es un ajuste necesario para que siga habiendo el espacio necesario de calle entre línea y línea (sin importar que los árboles en este punto se siembren un poco más arriba). Una vez marcadas las líneas paralelas se procede a sembrar los árboles.

En la *Imagen 7.43* se aprecian las primeras hileras de árboles, sembradas a lo largo de la Línea Clave, y paralelas a ésta, dos hileras más abajo.

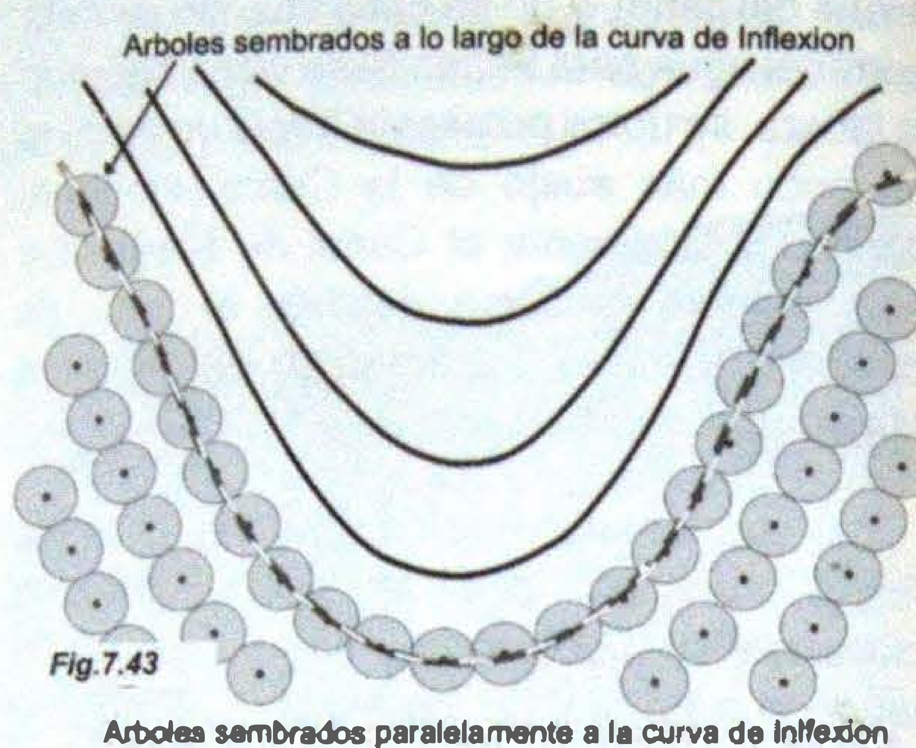


Fig.7.43

La *Imagen 7.44* muestra el patrón completo de siembra de árboles en Keyline (Línea Clave).

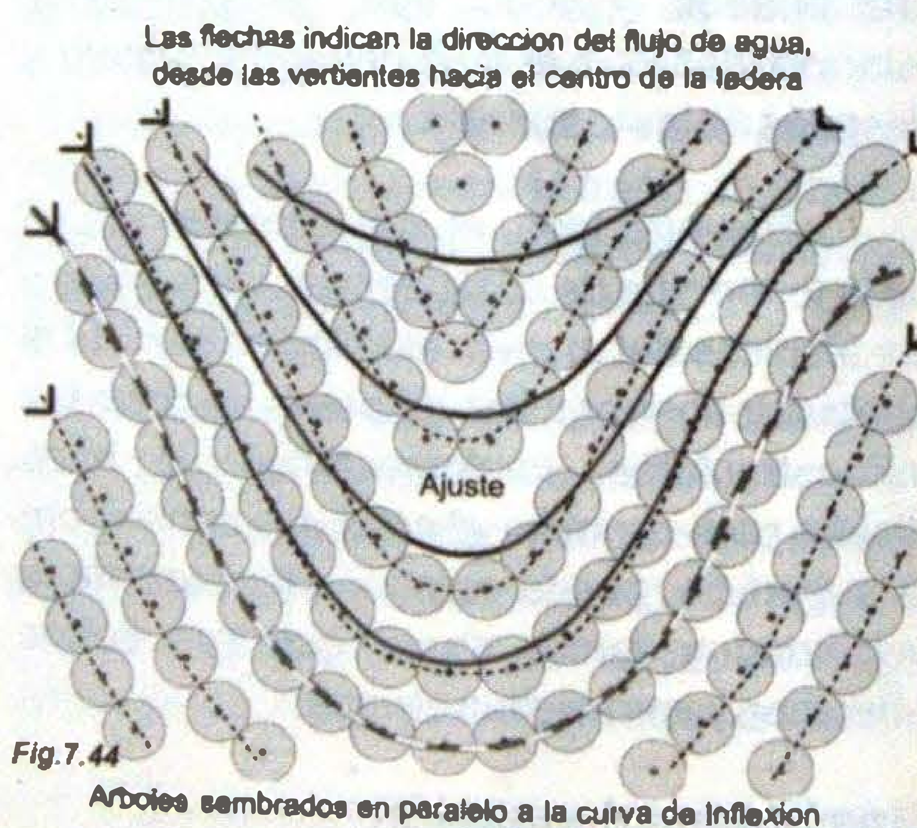


Fig.7.44

Sembrados de esta manera, las raíces de los árboles, los andadores entre ellos y las cercas trabajan como una sola unidad, encauzando las escorrentías desde las vertientes aledañas hacia el centro de la ladera, incrementando así la cantidad de agua que naturalmente tendería a esparcirse hacia las vertientes.

Factor 8. *El Manejo de la tierra*

Cuando nuestro planeta terminó de enfriarse, todo era rocas compuestas de miles de minerales *(Fig.7.45)*. La fertilidad en las tierras fue una capacidad que se desarrolló a lo largo de millones de años a partir de la


Fig.7.45

emigración de las plantas desde su mundo acuático a la superficie de la tierra. Su interacción con algunos microorganismos dio lugar a una relación simbiótica en la que los microorganismos disuelven roca para entregar minerales solubilizados aprovechables fácilmente por la planta, la cual a cambio, les entrega azúcares y otras substancias. El crecimiento de las raíces propició el aumento de las poblaciones de microorganismos, y esto a su vez, propició una mayor solubilidad del subsuelo lo que redundó en mayor fertilidad y crecimiento de biomasa. Esta relación transformó la faz de la tierra y convirtió el subsuelo en tierras fértiles cubiertas de recursos naturales y energía solar capturada por el mundo vegetal, para beneficio de todos los demás seres que empezaron a poblar la superficie del planeta. En las tierras vírgenes con pastizales naturales cercanos a los bosques, toda la vida interactúa en una interminable espiral evolutiva con el sol, el aire, el agua, el calor, las rocas y la tierra. **El 1% de incremento en la Materia Orgánica en el suelo de una hectárea captura 57 toneladas de dióxido de carbono.**

Sin embargo, la industria de maquinaria agrícola ha provocado que el 70% de la tierra arable del planeta haya sido enviada al mar en tan sólo unas cuantas décadas. Una tierra descubierta pierde de 300 a 400 Ton/Has/año, y mientras que algunas universidades siguen considerando a la tierra como *"soporte inerte de las plantas" (Fig.7.46)*, hoy en dia el concepto *"Salud del Suelo"* empieza a tener repercusiones en la agricultura europea, en la que ya se reconoce que el *"suelo"* está lleno de vida y su salud varía de acuerdo a las prácticas agrícolas que en él se practiquen.


Fig.7.46

Por supuesto que la *"Salud del Suelo"* está ya a *la venta:* micorrizas, bacterias, hongos endomopatógenos y una gran cantidad de "bio" productos se encuentran en el mercado agrícola para que el campesino y productor "mejore" la salud de sus tierras, obviamente con el correspondiente desembolso de enormes cantidades de dinero. Es claro que la agroindustria reconoce un buen negocio cuando lo avista, y ¡qué mejor negocio que la producción de alimentos! Hoy se limpia la imagen y los agronoegocios ahora son "verdes" y "bio".

Aún así, existen otras alternativas para los productores que prefieren regenerar sus tierras de forma natural y sin malgastar su dinero para lograrlo. Una de estas técnicas es la implementación del *Diseño Keyline en*

líneas Clave con el cual, los suelos degradados pueden recuperar su fertilidad y, aquellos que desde siempre han tenido poca fertilidad, se pueden beneficiar y transformar en tierras profundas y fértiles en un periodo relativamente corto. El conocimiento de la relación que existe entre microorganismos, materia orgánica, minerales y raíces nos permite entender porqué el *Manejo Keyline* de un terreno agrícola *(Fig.7.47)* es indispensable para mejorar su fertilidad.


Fig.7.47

Regeneración de suelos

La presencia del agua en la tierra es lo que permite el desarrollo de su micro y macrobiología. A su vez, el desarrollo de una microbiología vigorosa promueve la solubilidad de los minerales del subsuelo y su conversión a biomasa a través de las raíces de las plantas (quienes a cambio, otorgan azúcares a estos microorganismos). Este es un proceso natural que ha ocurrido durante 400 millones de años.

Para activar este proceso de generación natural de suelos a partir del subsuelo, una de las estrategias a seguir puede ser: ***el primer año*** se siembra cualquier cultivo que naturalmente se reproduzca bien en la región, genere mucha biomasa y se descomponga rápidamente (a la vez también puede ser rentable). Se puede reforzar su crecimiento con algún abono orgánico, biofertilizante y harina de rocas.

Este cultivo, eventualmente va a cumplir su ciclo y al morir, va a producir materia orgánica que al descomponerse en la tierra se convierte finalmente en humus. Se debe evitar el uso de fertilizantes solubles y de cualquier agrotóxico ya que destruyen justamente lo que se está tratando de reproducir (microorganismos en la tierra). Es importante dejar las raíces producidas intactas en el suelo para que sirvan de hábitat para los microorganismos y a la vez actúen como esponja absorbiendo el agua de lluvia.

El segundo año se puede sembrar algún tipo de pastizal en combinación con leguminosas, el cual puede tener valor comercial cortándolo para forraje.

El tercer año se introduce ganado liviano en rotación intensa por períodos cortos (2-4 días) lo cual mejora la fertilidad del suelo por el aporte de estiércol. Práctica que forma parte del manejo para la ***generación de tierras,*** aunada a la práctica de cultivación de la tierra (ranurando a poca profundidad) con un implemento agrícola que garantice el mínimo impacto en el suelo y, de ser posible, con riego barato en temporada de secas. El objetivo es que la creación de tierras sanas y fértiles sea un esfuerzo rentable para el campesino con técnicas de: captación, almacenaje y riego con agua de lluvia.

La tierra fértil, materia prima de cualquier actividad agropecuaria, debe su existencia y fertilidad a diversos factores, los principales son: **1.** La geología de su subsuelo, **2.** El clima de la región, **3.** Las asociaciones biológicas de la tierra. Estos tres factores combinados determinan a su vez el tipo de paisaje natural que le rodea. A pesar de que el orden natural de cualquier terreno es cambiar con el tiempo, de hecho, las tierras evolucionaban (incluso a pesar del clima) hasta antes de que el hombre introdujera la agricultura.

Produciendo suelos profundos y biológicamente fértiles

Las técnicas de cultivación, irrigación y manejo de ganado que se realizan en base a un buen diseño keyline, aceleran el proceso de formación de suelos vivos.

Técnicas de Cultivación

1. Labranza

Todo agricultor debería orientar sus esfuerzos a incrementar substancialmente la actividad biológica de sus tierras, lo cual redunda en una mayor fertilidad que aumenta el rendimiento de sus cultivos sin necesidad de fertilizantes comerciales.

Dado que la base de la fertilidad en las tierras está en función de la intensidad de vida en el suelo, y que esta vida se encuentra en los primeros 25-40 cm de la superficie, queda claro que **la tierra nunca se cultiva volteándola,** al hacerlo se destruye su microbiología, se oxida su humus y su materia orgánica, se arruina su estructura, se promueve su compactación y erosión.

Arado de Cincel modificado. La tierra debe ser labrada (cuando sea necesario) utilizando versiones modernas de los antiguos arados, aunadas al uso de implementos prácticos, capaces de *subsuelear muy superficialmente y sin formar terrones,* además de hacer el trabajo de un *arado de cincel* (solamente abrir-sin voltear).

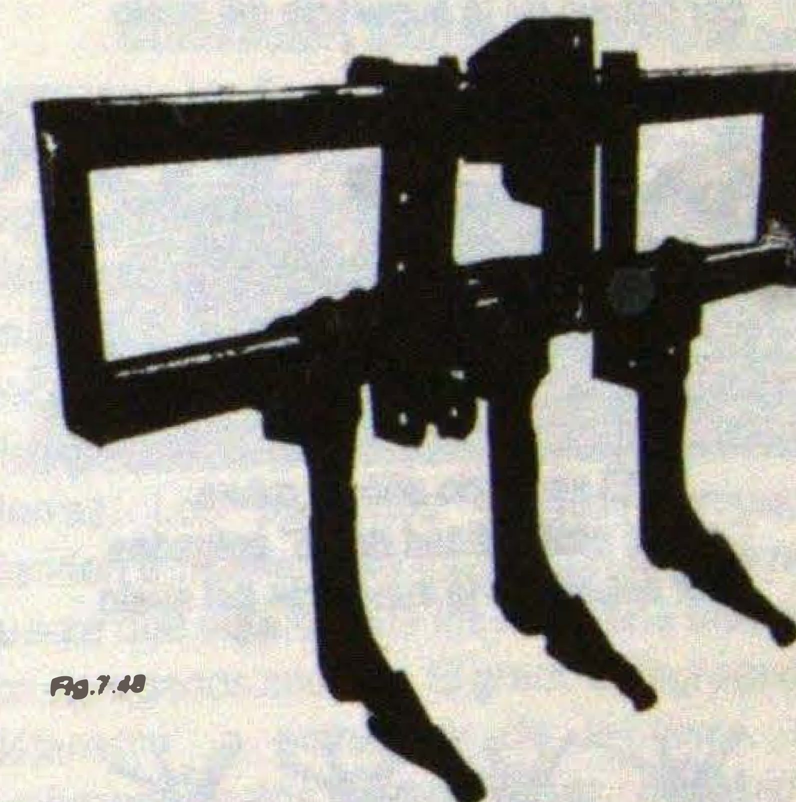
En la actualidad se fabrican *arados de cincel* de perfil y aleros muy angostos, como los arados *Yeomans™(Fig.7.48),* que pueden penetrar más profundo en el suelo que un arado de cincel normal, pero con un mínimo impacto en su perfil y sin levantar terrones.

Cualquiera de los dos implementos tiene una repercusión inmediata incrementando la fertilidad de la tierra, lo cual no solamente aumenta los rendimientos de producción, también reduce los costos y requiere menos agua para riego.

Un buen manejo del agua en *patrón Keyline* propicia que las escorrentías se infiltren y abandonen una propiedad hasta 2 años después, mientras que, en condiciones normales, les toma tan sólo 15 minutos en recorrer la misma distancia sobre la superficie.

2. El proceso de conversión de subsuelo a tierra vegetal

Este puede (bajo condiciones normales), ocurrir en el rango de 10 a 15 ton/año a través del mejoramiento de las condiciones de vida de los microorganismos en el suelo, las cuáles necesitan espacio, oxígeno, humedad, calor y suficiente abasto de alimento proteínico (ver ilustración (Fig.7.49) del libro Introducción a la Permacultura de Bill Mollison).

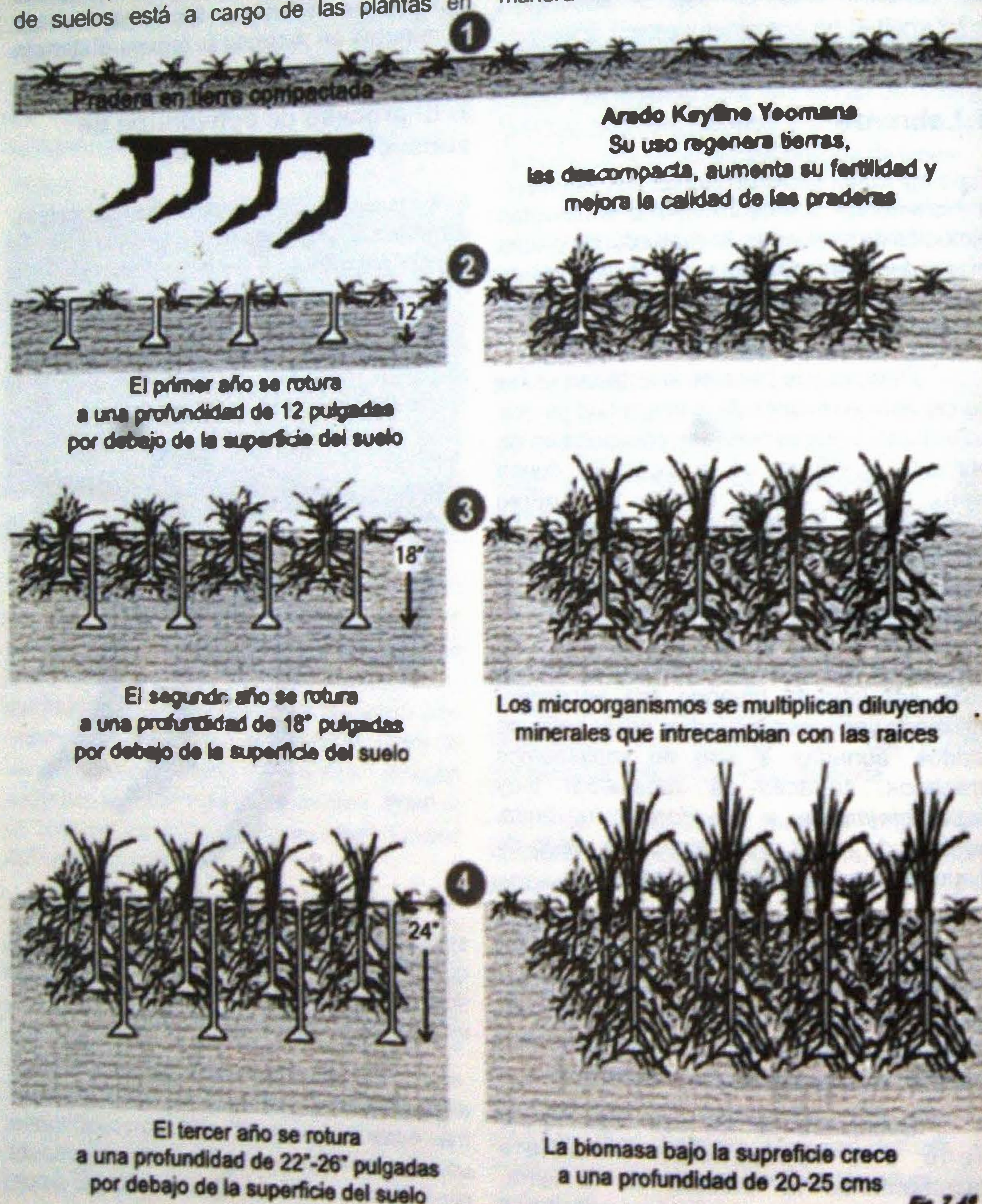

Fig.7.48

Para este proceso de regeneración de suelos se utiliza el arado *Yeomans™*, mismo que promueve la conversión de subsuelo en suelo vegetal mejorando las condiciones de vida para la microbiología de la tierra.

Para ello se ranura la capa superficial, estas pequeñas ranuras en la tierra van abrir más espacio, las escorrentías van a infiltrarse un poco más acarreando consigo oxígeno, el paso del cincel va a provocar la muerte de un

pequeño porcentaje de plantas cuyas raíces se descomponen y sirven de alojamiento a millones de microorganismos, los cuales disuelven minerales de una capa ligeramente más profunda promoviendo un crecimiento radicular profundo. El trabajo de construcción de suelos está a cargo de las plantas en asociación con microorganismos, los cuales a su vez, dependen de la disponibilidad de agua y materia orgánica. El arado de cincel, simplemente facilita este proceso.

Si se cuenta con una pradera mixta de leguminosas y gramíneas, se trabaja de la manera descrita a continuación:



Primer año

1. Se remineraliza la pradera con harina de rocas aplicando 3-4 toneladas por hectárea.
2. Se ranura la superficie con el arado *Yeomans*, asegurándose de no bajar más de 12" pulgadas debajo del nivel del suelo.
3. Se excluye el ganado durante 4-6 semanas.
4. Justo al floreo de las leguminosas se pastorea intensamente de 5 a 10 cms.

Segundo año

1. Al inicio del temporal, se ranura de nuevo 18" pulgadas debajo del nivel del suelo.
2. Se excluye el ganado durante 4-6 semanas.
3. Justo al floreo de las leguminosas se pastorea intensamente de 5 a 10 cms.

Tercer año

1. Al inicio del temporal, se ranura de nuevo, esta vez de 22" a 26" pulgadas bajo el nivel del suelo.
2. Se excluye el ganado durante 4-6 semanas.
3. Justo al floreo de las leguminosas se pastorea intensamente de 5 a 10 cms.

Los espacios creados por el *arado Yeomans* cumplen múltiples funciones:

a) Permitir un rápida infiltración de las escorrentías en la tierra.

b) Crear una red de ranuras subterráneas que conducen el agua por el subsuelo, si la dirección que se le dio al tractor (al momento de ranurar el suelo) fue de acuerdo al patrón *Keyline*, estas ranuras van a conducir el agua dirigiéndole desde las vertientes hacia las laderas.

c) Retener mucha más humedad y permitir el crecimiento de las raíces y otros organismos.

d) Descompactar y cultivar el suelo de "abajo hacia arriba".

Una fuente de alimento con alto contenido proteínico son las raíces de plantas leguminosas, sin embargo, durante el crecimiento de las plantas los sistemas radiculares no están disponibles (están en su fase de crecimiento, no de descomposición, que es como pueden ser aprovechados por los microorganismos). Para que se dé un rápido desarrollo de las tierras es preciso forzar algunas de las raíces a que mueran, cortando sus partes superficiales al ras del suelo justo al momento de su floración (punto de mayor crecimiento). Conforme este ciclo de crecimiento y descomposición se repite, la fertilidad biológica mejora y aumenta acelerada por los procesos naturales de generación de suelos. En tierras sueltas, con calor y humedad, el rebrote y reemplazo de raíces ocurre naturalmente.

Cultivación moderada. Aunque así lo parezca, la tierra nunca es homogénea, pequeños trocitos se unen y forman terrones o agregados repletos de poros y cavidades, donde se almacena oxígeno, agua, minerales, materia orgánica y, por supuesto, microorganismos, a mayor la cantidad y masa de agregados dentro de ellas, mejores son las tierras. Los pedacitos en los *agregados* tienden a mantenerse juntos con mucha más fuerza que aquélla que los mantiene unidos a los *agregados* mismos. El grado de *agregados* determina la *estructura de la tierra*, sin embargo, éstos pueden ser destruidos fácilmente; si por ejemplo se metieran en una revolvedora de cemento ya sean secos o mojados, se rompen, y es este mismo efecto el que tienen las labores de cultivación.

A menudo las tierras se cultivan hasta producir un polvo fino en el cual sembrar la semilla, esto es una práctica equivocada la cual provoca su erosión (por viento o agua) y la construcción del llamado suelo-cemento.

Labranza Cero. La Labranza Cero fue un concepto inducido por la agroindustria con el fin obtener más utilidades persuadiendo a los agricultores a producir alimentos sin cultivar la tierra, utilizando solamente semillas transgénicas (resistentes a herbicidas) y una gran cantidad de agroquímicos. Muchos agricultores han probado este sistema sin éxito, debido a los altos precios de la maquinaria, altos costos de operación y en realidad no tan altos rendimientos. Sin embargo, existen versiones de *labranza cero* basadas en el conocimiento de los ciclos de los cultivos y el uso de especies nativas, las cuales por medio de ingeniosas sucesiones y rotaciones, permiten inducir un cultivo después de otro sin necesidad de remover la superficie del suelo. Un ejemplo de este método en el Altiplano Mexicano era el cultivo del maíz sembrado con la Coa (un palo largo con el cual solamente se perforaba un pequeño orificio en el suelo para alojar la semilla) la labor se hacía justo al final del ciclo de una planta leguminosa arbustiva llamada Lupino que mantenía cubierta la superficie de la tierra impidiendo el crecimiento de cualquier otra planta. Posteriormente, con la llegada del arado de cincel, la velocidad de labranza aumentó pero la sucesión natural de *leguminosa invernal* con *graminea de temporal* siguió siendo utilizada hasta la llegada del primer kilo de Urea, cuya aplicación en el suelo provocó que el lupino no volviera a nacer. Actualmente hay un resurgimiento en el uso de abonos verdes (entre los cuales se encuentra el famoso lupino) que, aunado al conocimiento de los ciclos de las plantas permiten trabajar la tierra con un mínimo de impacto y buenos rendimientos.

Labranza Convencional en curvas a nivel. Una de las estrategias más relevantes en el tema de "Conservación de Suelos" ha sido la promoción de la *labranza convencional del suelo a lo largo de las curvas a nivel*. Según las reglas, primero se marca como guía una curva a nivel en el terreno y se procede a arar paralelamente a esta guía. El primer surco se ara junto y paralelo a la curva a nivel previamente marcada. El segundo surco es, por supuesto, adyacente al primero y así sucesivamente. Cada surco arado va a ser ligeramente más bajo en el lado más empinado del potrero. *Inevitablemente, después de algunas pasadas, los surcos arados ya no va estar sobre una verdadera curva a nivel (Fig.7.50).*

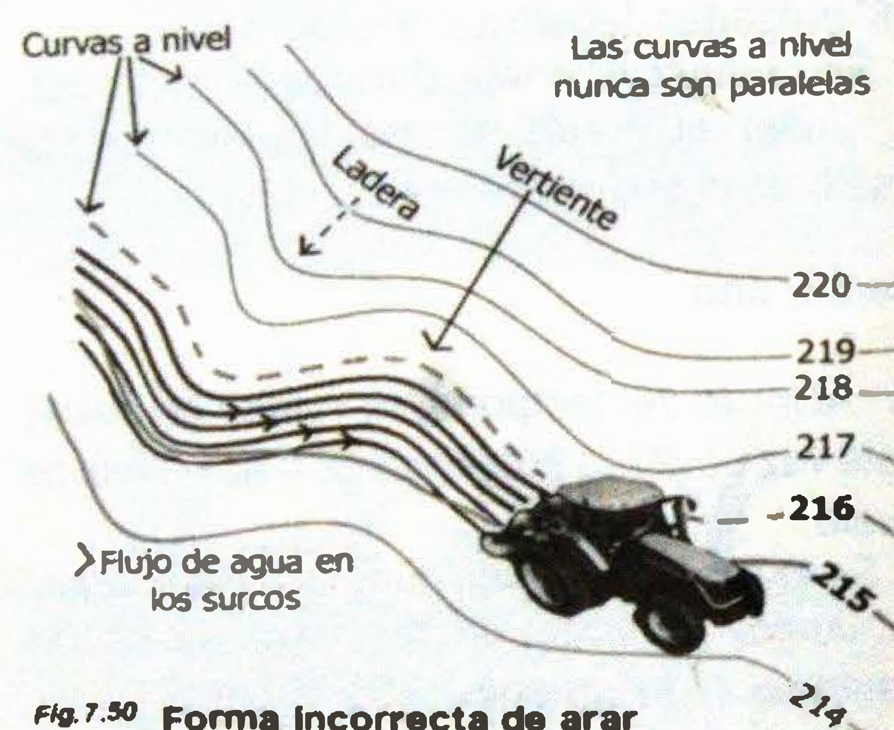


Fig.7.50 **Forma incorrecta de arar**

Debido a que los terrenos casi nunca son parejos, las curvas a nivel tampoco son paralelas; por eso, al labrar la tierra, los surcos pronto se separan de la marca original, su nivel empieza a cambiar y se termina *invariablemente surcando a desnivel.*

Esto sucede con cada surco dado que el ancho de los discos es siempre el mismo, pero con cada pasada la altura vertical va a ser ligeramente diferente. Por lo que las escorrentías (sean de lluvia o de riego) van a tender a tener un flujo positivo, o sea, a derivar a lo largo de los surcos descendientes hacia la vertiente de modo que los surcos que quedaron desnivelados una vez que se llenan, se desbordan sobre los demás arrastrando tierra y semillas consigo lo que provoca una erosión aún más severa.

A este efecto nunca se le toma en cuenta, y a menudo es visto como una irritación aparentemente inexplicable o es ignorado en detrimento de la tierra. Debido a que las curvas de nivel nunca son paralelas, el flujo del agua puede ser dirigido de manera equivocada, de tal manera que, "la labranza a lo largo de las curvas de nivel" termina creando el problema que inicialmente intentaba resolver (el control de la erosión).

3. Cultivando la tierra en Lineas Clave

El patrón de cultivo en *Lineas Clave* es similar a un patrón en curvas a nivel, sin embargo, ***las curvas guía son Líneas Clave,*** las marcas del arado corren paralelas pero dan vuelta más arriba por las vertientes y más abajo cuando pasan por las laderas. Los surcos trazados de esta manera, forman un patrón que conduce las escorrentías desde las vertientes hacia las laderas, o sea, desde puntos más altos en las vertientes adyacentes hacia los puntos bajos en las laderas colindantes *(Fig.7.51)*. Este patrón reduce la concentración de agua en las vertientes (las cuales naturalmente tienden a acumular demasiada agua) y aumenta la disponibilidad de humedad en las laderas (las cuales normalmente tienden a ser más secas).

Los surcos inferiores (mal trazados) de las laderas aledañas a la vertiente 3 canalizan el agua hacia esta vertiente dado que no se hizo ningún ajuste para conducirla en sentido contrario (hacia la ladera).

La *Línea Clave* es la *"Curva de Transición"*. *Arriba de la Linea Clave, los surcos deben ir progresivamente cuesta arriba. Abajo de la Linea Clave, los surcos deben ir progresivamente cuesta abajo.*

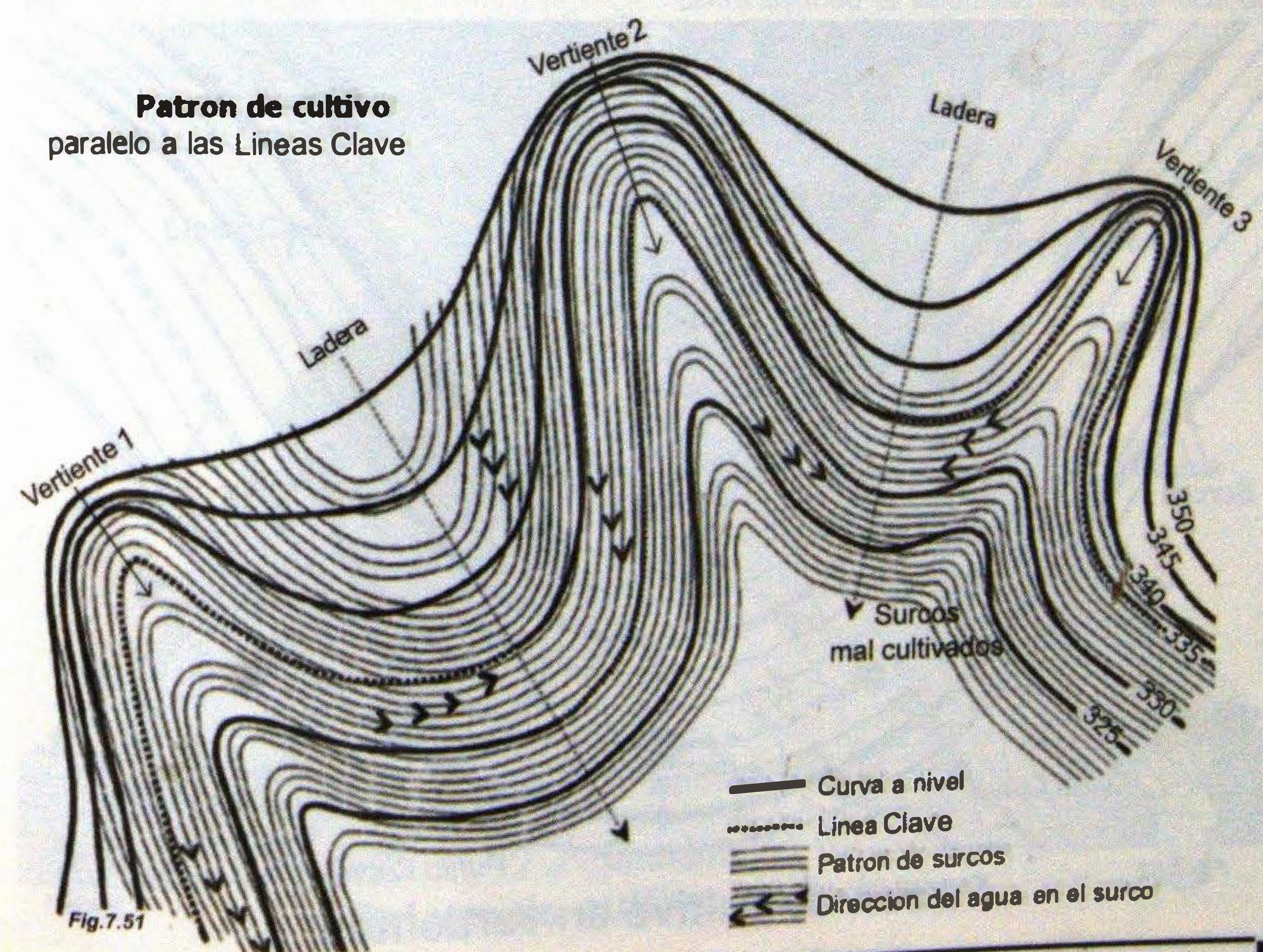


Fig.7.51

3a. Cultivando en vertientes con Líneas Clave

Las líneas gruesas en la *Figura 7.52* representan curvas a nivel (cada una con su respectiva tonalidad); la línea punteada es la *línea Clave*; las líneas delgadas representan los surcos cultivados en paralelo a la *línea Clave* cuesta arriba y también cuesta abajo.

Si se observa detenidamente, se aprecia que los surcos cruzan hacia abajo las curvas a nivel, lo que significa que, en el centro de la vertiente, el nivel de los surcos es ligeramente más alto que en las laderas laterales. Esta hecho induce a los escurrimientos a fluir hacia fuera de la vertiente (como lo indican las flechas), dispersándolos a las laderas y evitando que se concentren como arroyo en el centro de la vertiente.

Conforme se avanza hacia abajo, puede llegar un momento en el que el espacio es demasiado reducido para dar vuelta (con el tractor o con la yunta), en este punto se deja el espacio sin labrar (marcado por el triangulo con la letra "V"), y se da la vuelta cómodamente un poco más abajo para proseguir labrando paralelo a las *líneas Clave*. Arriba del *punto Clave*, el patrón de cultivación continúa igual (paralelo a la *línea Clave*) hasta llegar el punto en el que ya no sea posible maniobrar.

La *Línea Clave* es la guía de referencia más alta que se puede tomar para cultivar paralelamente hacia abajo de la misma, ya que a partir de este punto, la pendiente en el valle es mucho menos pronunciada y cualquier otra curva a nivel que se utilice termina regresando el agua a la vertiente (tal y como se aprecia en la figura).

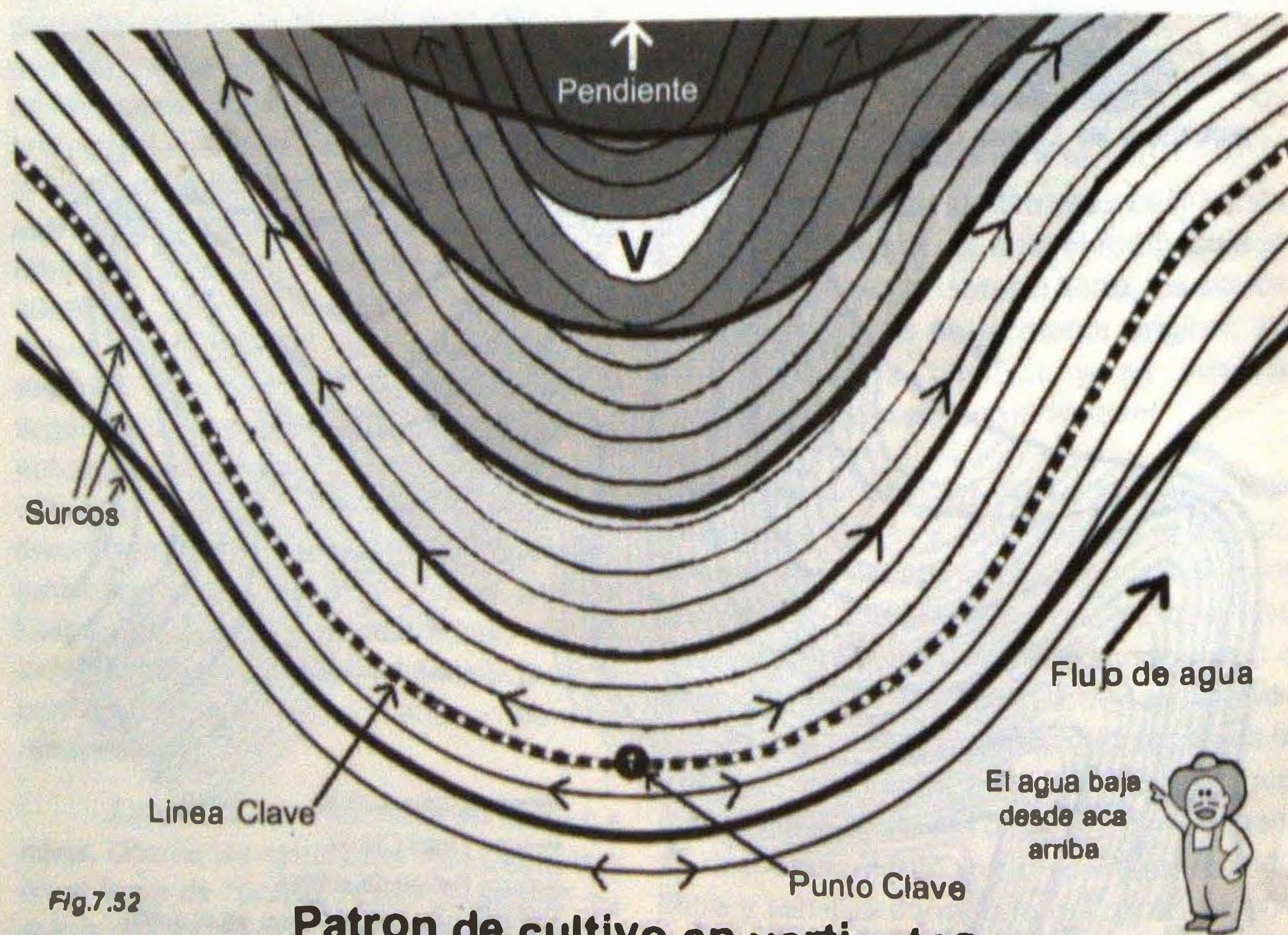


Fig.7.52 **Patron de cultivo en vertientes**

3b. Cultivando la tierra en laderas con Líneas Clave

Así como en la ilustración anterior, en la *Figura 7.53*, las líneas gruesas representan curvas a nivel (cada una con su respectivo color); la *línea Clave* está marcada con puntitos blancos, las líneas delgadas representan los surcos.

El trabajo de labranza se inicia tomando como guía la línea Clave

Conforme se va avanzando puede llegar un momento en el que el espacio para dar vuelta es demasiado reducido (con el tractor o con la yunta), en este punto se deja el espacio sin labrar (marcado por el triánguio con la letra "V"), y se da la vuelta cómodamente un poco más arriba para proseguir arando paralelo a la *inflexión* (*línea clave*).

Arriba del punto Clave, el patrón de cultivación continúa igual (paralelo a la línea Clave) hasta llegar el punto en el que ya no sea posible maniobrar. *Como se puede apreciar el patrón de los surcos (el lado de la palabra pendiente) en la cima de la ladera es más cerrado y no corre paralelo a las curvas a nivel, por lo que cada surco es ligeramente más bajo en la ladera que en los costados, lo que provoca que los escurrimientos fluyen lentamente hacia la parte cóncava de la ladera, infiltrando una mayor cantidad de agua en la misma y evitando que circule hacia las vertientes laterales.*

Al implementar un patrón de labranza *Keyline* que dé salida al agua fluyendo hacia afuera del valle (o vertiente) y no hacia adentro, los cientos de surcos en el patrón de cultivación en *Líneas Clave* dispersan las escorrentías en forma de anchas láminas sobre las laderas inhibiendo las concentraciones en las vertientes y disminuyendo la velocidad del agua cuando fluye sobre el terreno.

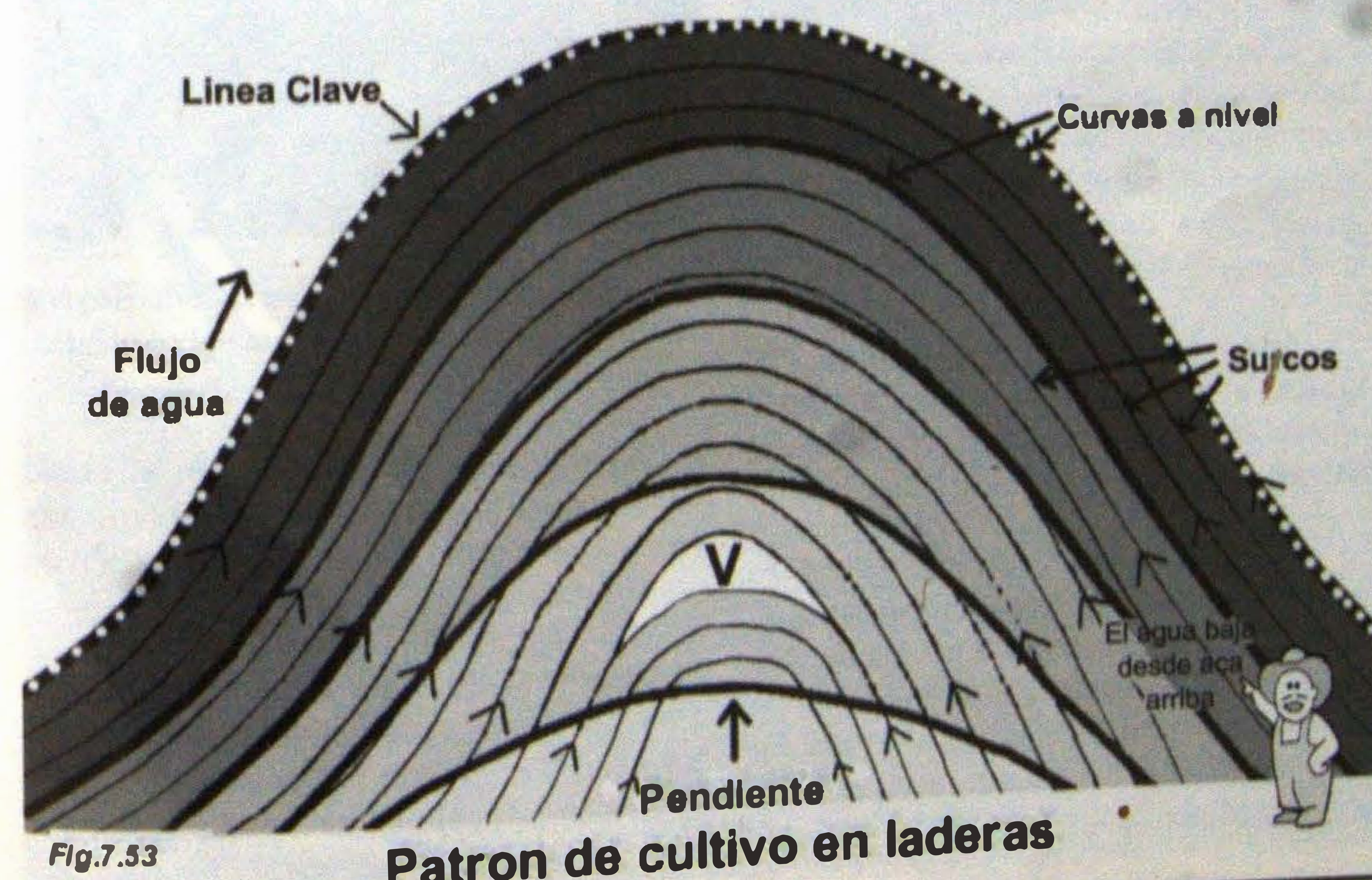


Fig.7.53 **Patron de cultivo en laderas**

El resultado del Patrón de Cultivación en *Keyline* es que el flujo total del agua en la superficie del suelo siempre tiende a fluir alejándose del suelo mojado en el valle dirigiéndose hacia una cresta más seca. La erosión causada por el agua de lluvia se elimina efectivamente. Normalmente, la mayor parte de las erosiones ocurren abajo en la línea central de un valle, resultado del exceso de agua y su velocidad justo ahí.

El Patrón de Cultivación en Keyline dispersa el flujo de aguas fuera, hacia un área más ancha, volviéndolo inofensivo. También incrementa marcadamente el tiempo de contacto entre el agua de lluvia y el suelo. El agua tiene más tiempo para infiltrarse. Por otro lado, este patrón de cultivo permite que las tormentas muy cargadas con agua sean más fácilmente absorbidas en la tierra. Generalmente esta absorción casi nunca sucede en suelos empapados.

Esta técnica está en total contraste con las terrazas a nivel y drenajes a nivel (tan promovidos por las prácticas de conservación de suelos) diseñados para concentrar las aguas en las vertientes y valles, lo cual incrementa su erosión. Comprender este concepto fundamental, nos da el control del flujo de agua de lluvia y riego sobre la superficie de la tierra.

Por supuesto que si un terreno, por alguna extraña razón, está siempre mojado, el cambiar (al revés) el sentido al cultivar, va a secar el terreno.

Sin duda, la contribución de P.A. Yeomans al entendimiento y manejo del agua es una de las aportaciones más importantes que se han hecho en el campo de la agricultura moderna. La lectura de su libro *"Water for every farm"* es indispensable para quienes desean profundizar en el tema.

Yeomans decia que... *Una agricultura permanente debe beneficiar al campesino, a sus tierras y al paisaje.*

Este conocimiento ha permitido que miles de productores *cosechen* agua de lluvia y la aprovechen para: alargar sus periodos de cultivo, tener agua potable para el ganado, o como factor de apoyo en programas de reforestación en regiones donde la lluvia es escasa, o bien, para infiltrala en sus tierras para beneficio de la vegetación y aumento de sus mantos freáticos.

Las curvas a nivel nos muestran la conformación del terreno, sus inclinaciones y gradientes, con lo cual podemos conformar nuestros diseños a las formas naturales del paisaje *(Fig.7.54).*



Fig.7.54

El objetivo principal del *Diseño Keyline* es reducir la velocidad del agua sobre el suelo con dos finalidades principales:

1. Incrementar su infiltración en el suelo disminuyendo la velocidad de las escorrentías a través del terreno con la implementación de movimientos de tierra.

2. Almacenar agua en el terreno tan alto como sea posible, para poder distribuirla por gravedad (reduciendo los costos asociados con el bombeo para irrigación) y capitalizarla en forma de árboles y cultivos.

Darren Doherty asegura que el subsuelo puede transformarse rápidamente en suelo. El Desarrollo y el Mantenimiento de la Fertilidad del Suelo es un producto de la gestión y manejo del ganado. Un buen pastoreo produce el mayor retorno con la menor inversión energética cuando se trata de incrementar la fertilidad del suelo.

El uso del arado *Yeomans* en *Lineas Clave (Fig.7.55),* acelera enormemente la formación del suelo por debajo de un pasto. La conversión del subsuelo en suelo implica la creación de clímax biológicos repetidos. Los organismos del suelo necesitan aire, humedad, calor, espacio y abundancia de alimento de elevado valor energético y proteínico. Creando estas condiciones, los organismos que hay en el suelo responderán transformando alguna porción (a menudo hasta al 10%) de exudados de plantas y raíces muertas en humus. Si se recrean estas condiciones repetidamente, el subsuelo permanentemente se transformará en suelo

Humus

Como ya mencionamos, hay diversas definiciones para el *Humus*, sin embargo, todas coinciden en que, una de sus principales características es que es *el estado final de descomposición de la materia orgánica* por lo que también se le llama *Carbono Orgánico.*

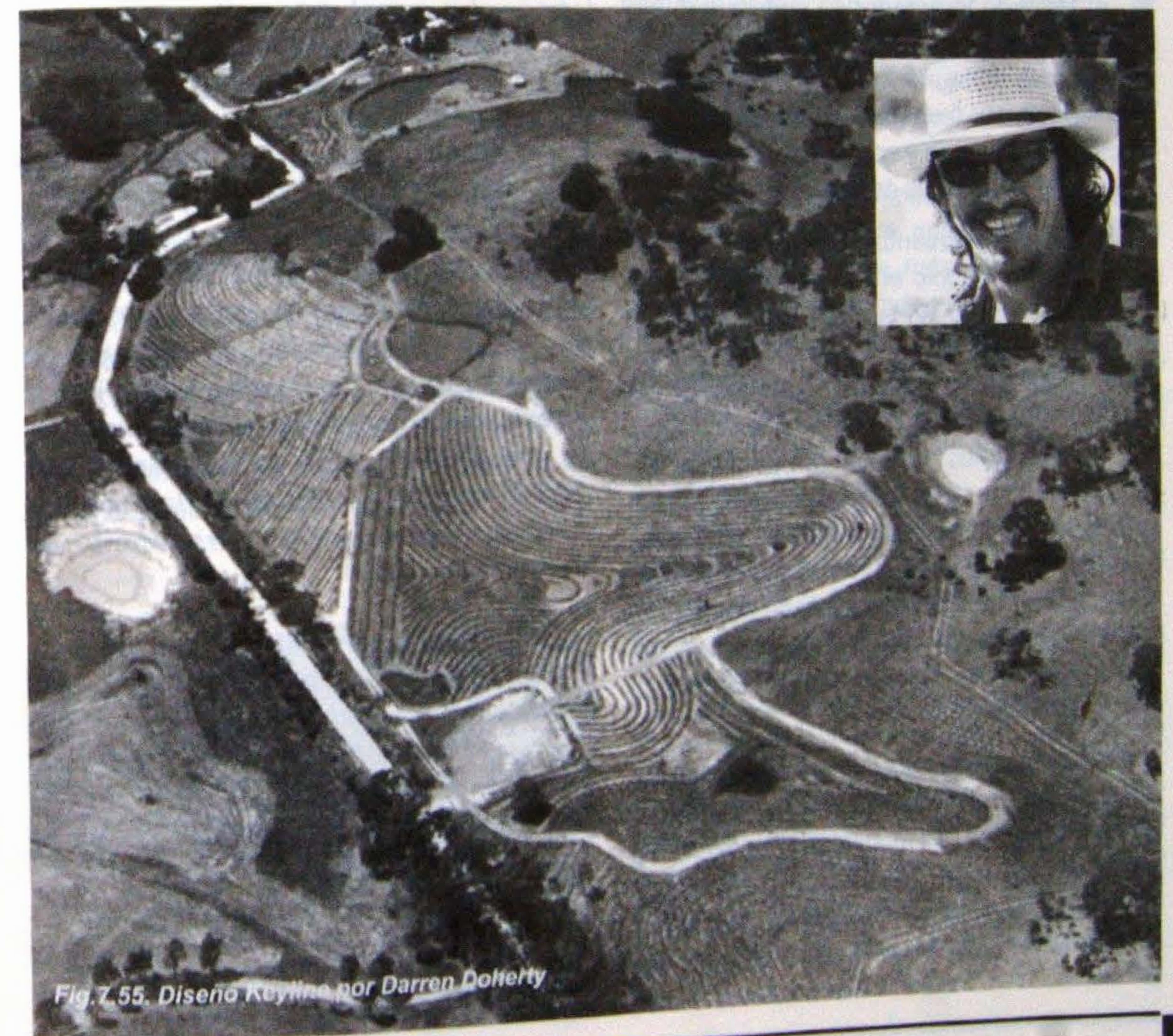


Fig.7.55. Diseño Keyline por Darren Doherty

Entre sus múltiples beneficios en la tierra podemos mencionar los siguientes:

- ✓ Amortigua el ph.
- ✓ Quelatiza químicos y sales.
- ✓ Incrementa la Capacidad de Intercambio Catiónico.
- ✓ Alberga microorganismos.
- ✓ Retiene y purifica el agua.
- ✓ Incrementa la nutrición de las plantas y su resistencia a enfermedades.
- ✓ Mejora la estructura del suelo.
- ✓ Incrementa la productividad de los cultivos.
- ✓ Captura radioactividad y no permite su paso a las plantas.

De todo lo anterior se concluye que el trabajo de la tierra en *Keyline* es un sistema que permite restaurar los suelos con rapidez, devolverles su fertilidad, protegerlos a los efectos de la sequía y convertirlos en grandes almacenes de Dióxido de carbono.

El calentamiento global (que ya ha propiciado el cambio en el patrón pluvial), la captación y aprovechamiento del agua, la reforestación y la economía en el campo constituyen (al igual que en la mayoría de los países latinoamericanos) los problemas medioambientales de más importancia. La causa de todos ellos, está en la tierra (en el suelo) y ahí mismo está la solución, pues se puede desarrollar un suelo fértil y biológicamente activo, capaz de retener el agua ahí mismo donde cae y sea también capaz de secuestrar enormes cantidades de CO2 atmosférico.

La formación de suelos es la solución de raiz a la calidad del agua, la estabilidad climatológica, la productividad agrícola, la bioseguridad y la abundancia económica, además de resolver múltiples problemas nutricionales y de comportamiento del ganado.

Los agricultores y ganaderos pueden adoptar nuevas prácticas y se les debería de pagar por hacer "el trabajo más importante del mundo...*capturar carbono*". Es muy relevante recalcar que la capa vegetal puede ser creada muy rápidamente con el pastoreo y los cultivos en suelos cubiertos. Esta es una estrategia perfectamente desarrollada en África y posteriormente en los Estados Unidos bajo el nombre de Manejo Holístico (Holistic Management™).

Manejo Holistico (HM) fue desarrollado por el Zimbauense *Allan Savory* a finales de los setentas. Basado en las observaciones que él hizo como ecologista, agricultor, soldado y político en su tierra nativa.

Después de su exilio, *Savory* se mudó a los USA y refinó las técnicas y prácticas del HM, culminando en el desarrollo del Manejo Holistico Internacional en Alburquerque, Nuevo México. Actualmente hay más de 30 millones de hectáreas de tierra bajo el HM alrededor del mundo. *Savory* asegura que la única herramienta en la tierra que puede revertir la desertificación, y restaurar la biodiversidad en la mayor parte de la superficie terrestre, son las grandes manadas de ganado manejadas de tal manera que simulen el comportamiento de las grandes manadas salvajes en presencia de predadores.

Los agricultores de carbono orgánico planean el pastoreo para alimentar dos clases de ganado: rumiantes y la biología en el suelo. Las necesidades de los dos tipos de ganado son muy similares y complementarias. La rizósfera y la tierra en general son muy parecidas al sistema digestivo de un rumiante. La tierra debe ser considerada como un organismo vivo el cual debe ser constantemente bien alimentado para mantenerse sano.

Conversión de C02 a carbono orgánico y a materia orgánica

Una tonelada de carbono es igual a 1.72 toneladas de materia orgánica (la materia orgánica es 58% Carbón).

Una tonelada de carbono orgánico se oxida a 3.67 ton de CO2.

La tabla siguiente demuestra el enorme impacto que tiene el nivel de carbono en el suelo sobre su capacidad de retener agua.

Cambio en la capacidad del suelo para almacenar agua (litros/Ha) juntos con los cambios de los niveles del carbono orgánico del suelo (CO) a 30cm de profundidad. Densidad 1,2 g/cm³.

Cambios en el nivel de CO	Cambios en la cantidad de CO (kg/m2)	Agua extra acumulada (litros/m2)	Agua extra acumulada (litros/Ha)	CO_2 acumulado (t/Ha)
1%	3,6	14,4	144.000	132
2%	7,2	28,8	288.000	264
3%	10,8	43,2	432.000	396
4%	14,4	57,6	576.000	528

Fuente: www.amazingcarbon.com *Tabla.7.3*

Permacultura para una agricultura regenerativa. Agua y Fertilidad en el Diseño Hidrológico Keyline es la respuesta a los grandes desafíos del medio ambiente: el cambio climático, la gestión del agua y de las zonas arboladas y la economía rural.



Fig.7.56

La Agricultura Orgánica y sus neologismos

Al escribir este libro comentaba con mi colega Sebastiao Pinheiro, un señalamiento que Jairo Restrepo venía haciendo desde hace tiempo en el sentido de la necesidad de empezar a nombrar las cosas por su nombre. Por ejemplo: en las universidades de habla hispana se habla de *suelo* como el *soporte inerte de las raices*, mientras que en el diccionario de la Real Academia Española (en términos de agricultura) la definición de la palabra **suelo** es: *Conjunto de materias orgánicas e inorgánicas de la superficie terrestre, capaz de sostener vida vegetal*; por otro lado, la definición de **tierra** es: *material desmenuzable del que principalmente se compone el suelo natural*, y la de **tierra vegetal:** *la que contiene gran cantidad de materia orgánica, lo que la hace apta para el cultivo.*

La cosa se complica cuando uno trata de acuñar un nombre para una *agricultura sana, ética* que *vaya más allá* de la mera sustentabilidad, que *re-genere* las tierras, que *las beneficie* y no simplemente busque *conservarlas*, que *beneficie al campesino*, que *beneficie al paisaje* y que *beneficie al consumidor y a la comunidad entera.*

Evidentemente no es fácil una respuesta sobre nombres o neologismos cuando el sistema dominante se basa tanto en acción cuanto en reacción.

Agricultura de Subsistencia vs Agricultura moderna (con hombres versus sin hombres).
Agricultura Industrial vs Agricultura Financiera (con obreros versus con bancos).
Agricultura Biotecnológica vs Agricultura Familiar o Campesina (con tecnología versus religión).
Agricultura Alternativa, Orgánica, Ecológica x Sistemas de Producción en Agroecología Cooperativas Ecológicas vs Agronegocios (autonomía versus interdependencia).
Tianguis Ecológicos vs Centros Comerciales (productor versus consumidor).

Sebastiao me decía que, evidentemente no es fácil una respuesta sobre nombres o neologismos cuando el sistema dominante se basa en ellos. Me explicó cómo *en los años 80 (en Brasil) crearon el término de "agricultura natural" para diferenciar la "agricultura orgánica" del sistema europeo de la nuestra. Sin embargo, en Europa misma, los ingleses le llamaron "agricultura orgánica" mientras los españoles y franceses hablaban de "agricultura biológica", mientras los alemanes y austriacos ya manejaban el término "agricultura biodinámica" (aquélla que seguía los principios de Rudolf Stainer) Después usamos el término de "Biotecnología Tropical" para traerla al campo de la ciencia local. Más adelante se acuñaron otros términos como "agricultura alternativa", "agricultura regenerativa", etc.*

Es importante señalar este punto, ya que hoy nos encontramos frente a una manipulación de todos estos términos (por parte de la Industria) en la que el verdadero sentido de la palabra agricultura se ha perdido, hoy tenemos la *"Agricultura Orgánica Industrial"* versus *"Agricultura Orgánica Campesina"*.

La primera, patenta la tecnología y la pone fuera del alcance del campesino, a quien lo tiene como perpetuo rehén, dependiente de los agro-bio-insumos, con la agravante de que además, para comprarlos, tiene que pagar su correspondiente *cuota de certificación* mientras que la segunda promueve la autonomía de los campesinos, brindándoles las herramientas necesarias para que se apropien de la tecnología, la comprendan, la manejen, la modifiquen, la desarrollen y la compartan desinteresadamente.

Si quisiéramos un nombre intelectualizado le llamaríamos *Agricultura Posmoderna*, pero eso sería pretencioso o pedante.

El enemigo del campesino en la *agricultura convencional* son los *agronegocios*, mismos que ahora están pasando a ser agroeconegocios, de donde se deriva el término *agroecología* en Centroamérica, promovida por parásitos del Estado Nacional. En realidad se le debería llamar *Agricultura EcoSostenible*. En las universidades ya se habla *Sistemas Agroecológicos de Producción* pues creen integrar *energía, emergía* (del inglés emergy) y *agronomía*, cumpliendo órdenes de las transnacionales que las subsidian.

Si la tónica del suelo es ser sano o tener salud para que los productos tengan calidad. Si en la arquitectura se dice *casa sana*, debería ser lo mismo para los campos de cultivos. Si la alimentación tiene que ser sana, hay que contrarrestar la *inocuidad*, el problema es que sus servicios enmascaran éso.

Por lo que al final nos queda *Agricultura Sana* en el sentido de higiene, biodiversidad, mejora, calidad, economía, sostenibilidad energética y autonomía soberana, pues engloba todo el contexto de la familia campesina. Como esto sería *demodé*, nos quedamos con *Agricultura Natural*, que es mejor que *Agricultura Nativa*, pues toda la sabiduría está dentro de este contexto con el más amplio conocimiento, permitiendo ampliar aún más para definir *Agricultura Natural y Permacultura*. La ventaja es que el término *Natural* es anterior a *medioambiental, medio ambiente, ecologismo, our Common Future, ecobusiness*, etc.

Agricultura Natural y Permacultura obligan al interesado a informarse sobre lo que en realidad significan estos términos, ya con la respuesta construye su reflexión sobre el significado.

Sin embargo, sería necesario hacer una historia del término y registrarlo como nombre público, o crear una historia ancestral para credibilidad y conciencia, pues el sustantivo *agricultura*, jamás necesitará de un adjetivo o calificativo para su expresión.

Al final quedará el nombre definitivo:

PERMACULTURA y ETNOAGRICULTURA

Esclareciendo que:

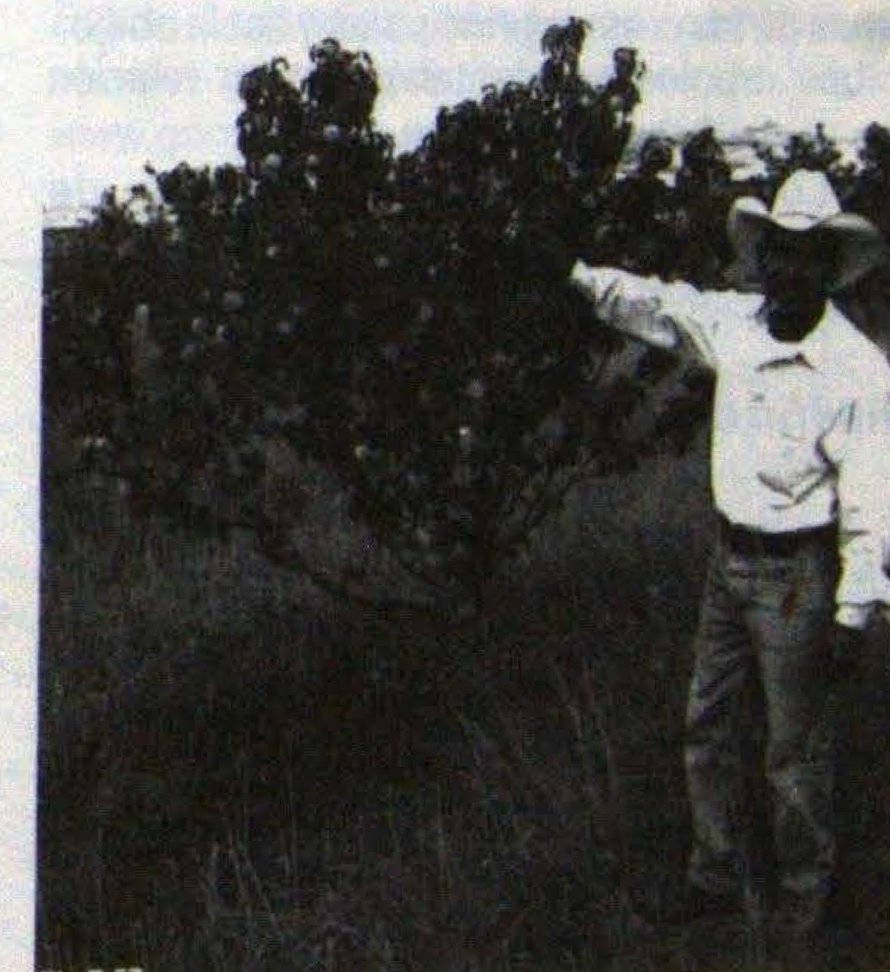
AGRICULTURA ES UN SUSTANTIVO
QUE NO NECESITA DE ADJETIVOS
O CALIFICATIVOS INTERESANTES

Agricultura Sana y Regenerativa

Independientemente de los adjetivos que se le colocan, existen una serie de características que enmarcan la propuesta de una agricultura basada en el *respeto* a la tierra, al agua, a los agricultores, al paisaje y a los consumidores.

Agricultura regeneradora que:

- Entiende y respeta las leyes de la ecología, trabajando con la naturaleza y no contra ella.
- Considera al suelo como un organismo vivo.
- Reduce la lixiviación de los elementos minerales, en virtud del papel decisivo asignado a la materia orgánica en el suelo.
- Es socialmente justa y humana porque utiliza unidades culturales, estimula la autogestión y permite el dominio tecnológico social.
- Protege el uso de recursos renovables y disminuye el uso de los no renovables.
- Trabaja con tecnologías apropiadas y aprovecha los recursos locales de manera racional (desde agua, viento y tierra hasta estiércoles, aserrín, minerales, desechos orgánicos y demás subproductos rurales).
- Trabaja con la Prevención no con la Corrección, otorgándole una importancia preponderante al conocimiento y manejo de los equilibrios naturales encaminados a mantener los cultivos sanos, trabajando con las causas (y no con los síntomas).
- Fomenta y retiene la mano de obra rural ofreciendo una fuente de empleo permanente.
- Reduce y elimina el uso y consumo de los aportes energéticos ligados a los insumos externos y, en consecuencia, la dependencia exterior de los mismos (o sea, elimina el uso de plaguicidas, fertilizantes, fungicidas y otros venenos sintéticos cuyos residuos contaminan las cosechas).
- Al eliminar los riesgos asociados con el uso de agroquímicos artificiales y bioacumulables, favorece la salud de los agricultores, los consumidores y el entono natural.



El buen Federico demostrando que sí es posible hacer una Agricultura sana, regenerativa y productiva sin tantos apelativos.

Diseño de zonas urbanas

(Extracto de artículo de Darren Doherty publicado en la revista EcoHabitar No.21)

La Escala de Permanencia de la *Linea Clave* puede aplicarse al diseño de zonas urbanas para que:

- Se suministre agua limpia de manera permanente.
- El transporte use el mínimo de energía ya que las carreteras se ubican en o en proximidad de las curvas de nivel.
- Las aguas residuales se usen para "regar" los bosques urbanos.
- Extremadamente útil para el diseño de nuevas ciudades.
- Las presas se ubican en correspondencia de las líneas de agua teniendo en cuenta la *Linea Clave®*.
- Las carreteras se proyectan en relación a las líneas de control del agua.
- Las ciudades se diseñan a partir de las cimas de las crestas principales y hacia abajo.
- Los árboles se plantan/dejan en relación con líneas de control del agua.
- Los Bosques Urbanos actúan de depuradoras y suministran materiales de construcción muy valiosos.

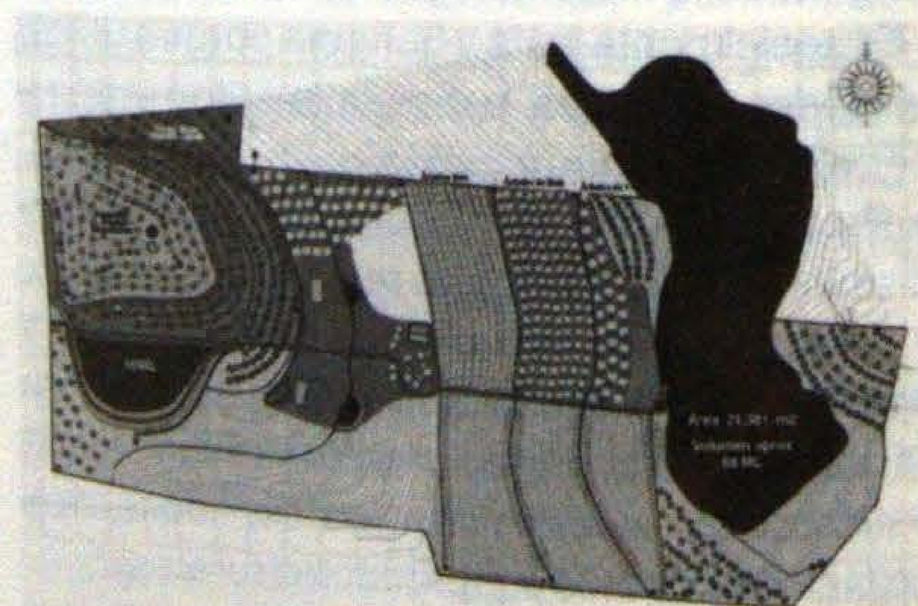
Diseño de Urbanizaciones

P. J. Yeomans aplicó por primera vez sus estudios sobre la planificación en línea clave a una finca de su propiedad conocida como Yobamie en las inmediaciones de la ciudad de Sidney, Australia, donde con el tiempo descubrieron que era posible practicar el riego por inundación, con un coste bajo en sus pendientes más suaves. Recientemente, Darren Doherty, propuso el diseño de una hermosa urbanización de la propiedad de Yeomans (Yeobarnie) aprovechando el diseño original *Keyline* de sus represas interconectadas.

En el diseño, las parcelas urbanizables obtendrían su agua del agua almacenada en las presas ubicadas arriba del nivel de las casas, prescindiendo de la necesidad de crear una costosa red de distribución hídrica, además de evitar el tener que transportar el agua desde largas distancias.

El proyecto contempla las franjas de árboles en curvas de nivel. Las cuales protegen las casas de los vientos dominantes, aportan nueces, frutas, combustible, maderas nobles para la construcción y fabricación de muebles, capturan y promueven la absorción de agua en los terrenos, depuran las aguas de desecho y otorgan abrigo para la vida silvestre.

En definitiva, el Diseño Keyline (Linea Clave) es una de las mejores herramientas para crear medio ambientes humanos regeneradores, que promueven la vida y aportan múltiples beneficios a todo lo que les rodea.



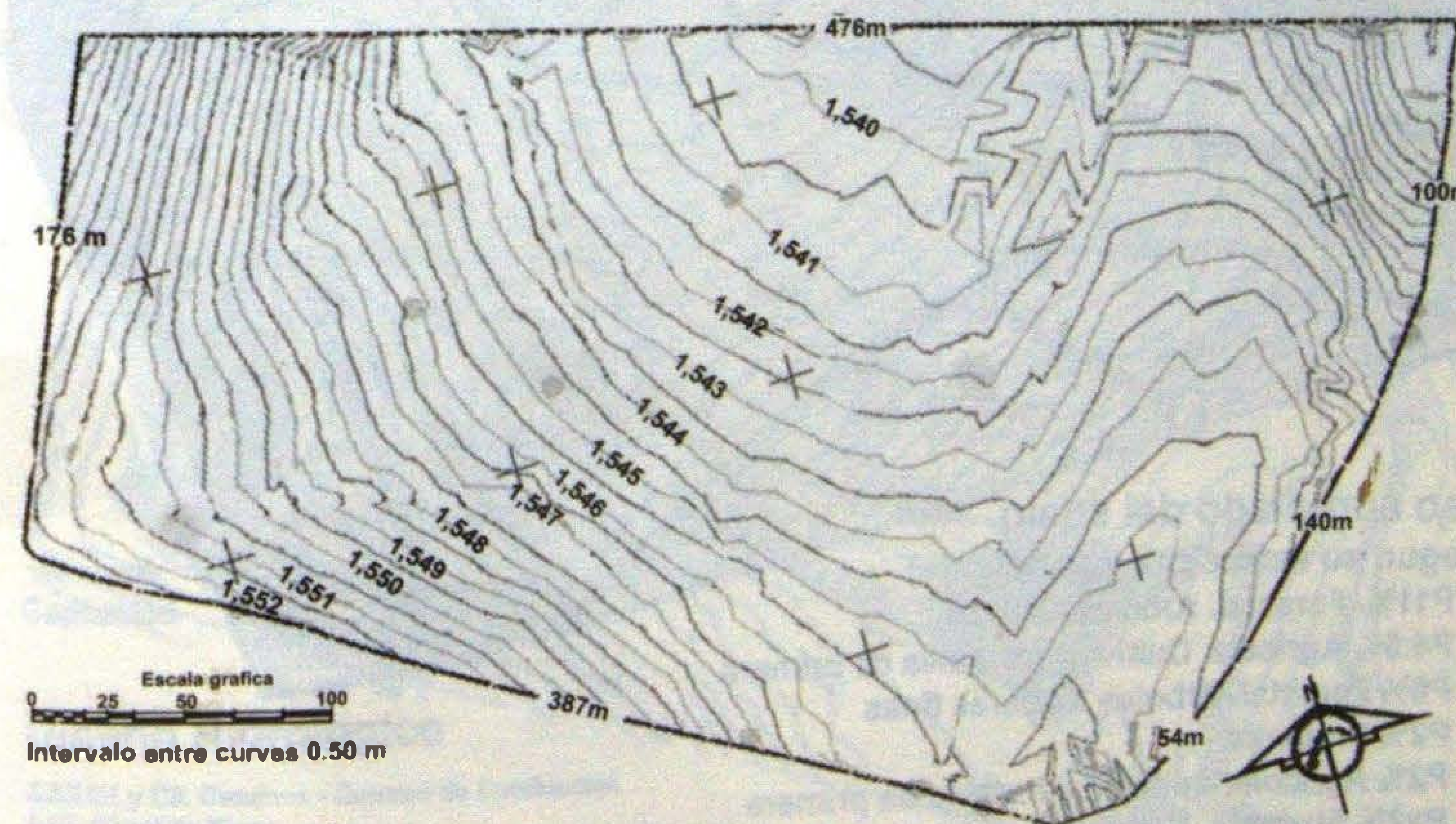
Ejemplo de Diseño Keyline

A continuación se desarrolla un ejemplo de Diseño Keyline con los planos paso a paso.

***Primero.** Se accede a los mapas de la región para ubicar el terreno y realizar el Mapa de Sectores.*



***Segundo.** Se contrata un topógrafo para que realice el plano topográfico. El terreno de nuestro ejemplo tiene 10 hectáreas. El intervalo entre curvas del plano es de 0.50 metros, lo que significa que hay medio metro de altura entre curva y curva.*



Plano topografico

***Tercero.** Se sobreponen las curvas a nivel a un fotografía aérea de Google Earth y se determina el área de captación (linea punteada) fuera de la propiedad, en este caso 5 hectáreas.*



Esta fotografía también nos sirve para ver algunos aspectos alrededor de la propiedad tales como patrones de siembra de los vecinos, zonas arboladas, arroyos, etc. Se puede utilizar para marcar puntos de referencia (árboles, cercas, reservorios de agua al relacionarlo con el plano topográfico). Estas fotografías aéreas se obtienen de manera gratuita de Internet en la página www.googleearth.com

Cuarto. *Se estudian las características de los suelos existentes en el terreno para determinar su estructura (pedregosos, arcillosos, arenosos o una combinación de éstos). En nuestro ejemplo se encontró que cada zona numerada tiene las siguientes características.*



Quinto. *Se determina el uso de las diferentes áreas del terreno en función de la estructura del suelo (y subsuelo) tomando también en cuenta el grado de inclinación (pendiente).*

Sexto. *Los puntos marcados con la letras "A" indican los puntos ideales para el almacenaje de agua. Para designarlos se tomó en cuenta que son los puntos más altos en el terreno donde es posible construir taludes al más bajo costo. Es en estos lugares donde se realizan los estudios de suelo para determinar si la estructura del mismo contiene suficiente arcilla como para contener el agua en los bordos. En este ejemplo, se llegó a la conclusión de que solamente los puntos A1 y A2 son apropiados para la construcción de los mismos.*

Séptimo. *Se realiza el análisis de aprovechamiento de escorrentías, tomando en cuenta los parteaguas, tanto de los terrenos vecinos como dentro de la propiedad y se ubican los puntos ideales para almacenar el agua.*

En el ejemplo, las escorrentías provenientes de los vecinos se captan en un área de 5 h.



Para calcular su volumen se utiliza la fórmula:

Escurrimiento de Captación= EC

EC = 100 x A x P x Y

A = Área de Captación en hectáreas,
P = Precipitación Pluvial anual en mms,
Y = Escurrimiento expresado en % (porcentaje) de precipitación anual.

EC = 100 x 5h x 700mm x 8 (%Y)

EC = 2´800,00, esto significa que el área de 5h (fuera de la propiedad) aporta anualmente 2.8 millones de litros = 2,800 m3 al terreno. Todo lo cual se puede almacenar en los puntos más altos posible para ser aprovechado por gravedad.

Octavo. *Se procede a concretar el diseño hidrológico Keyline marcando la posición de los caminos-canales, reservorios de agua y tanques de agua elevados. Posteriormente se calcula el largo de cada camino, (el cual, en este caso aparece ya indicado en el plano y cuyo total considera los tramos a ambos lados de cada reservorio (B1 y B2).* ***Los caminos*** *(C1 y C2) son de doble propósito, además de conducir vehiculos actúan como áreas de Captación y Conducción de agua de lluvia.*

Para calcular se utiliza la siguiente formula:

Escurrimiento de Captación Camino = ECC

ECC = L x A x P x 0.9

L = Largo
A = Ancho
P = Precipitación Pluvial anual en mms

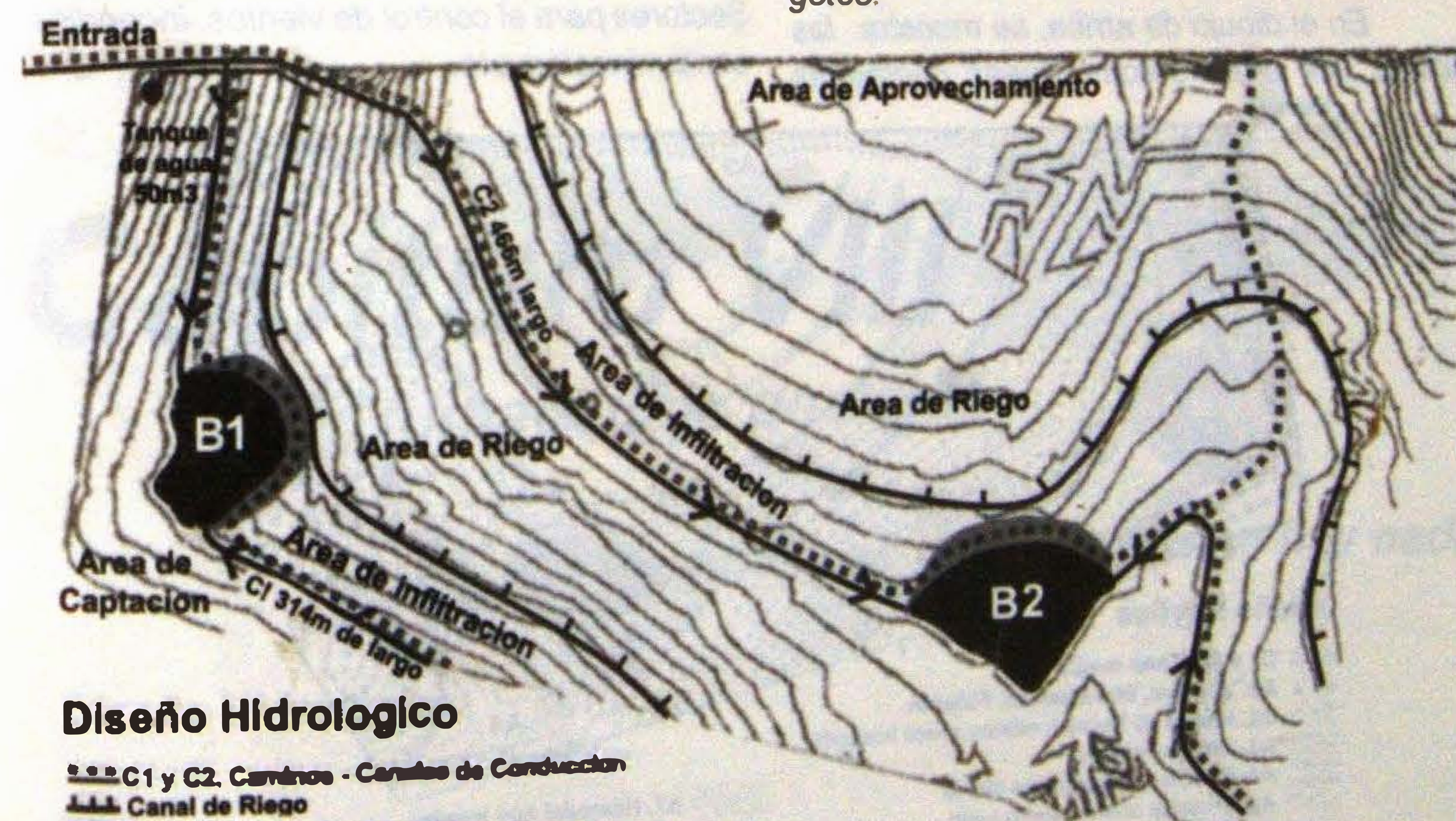
0.9 Equivale al 90% de escorrentías que fluyen en caminos de tierra compactados.

En nuestro ejemplo:

El volumen de captación del Camino 1 (C1)= ECC1 = 314 x 4 x 700mm x .90 = 790m³

El volumen de captación del Camino 2 (C2)= ECC2 = 466 x 4 x 700mm x .90 = 1,174m³

En el caso del bordo 1 (B1), recibe un aporte anual de 790m³ de lo captado por el camino (además de las escorrentías provenientes del terreno aguas arriba). En el caso del bordo 2 (B2), recibe un aporte anual de 1,174m³ de lo captado por el camino (además de las escorrentías provenientes del terreno aguas arriba). Ambos bordos cuentan con drenajes de salida para irrigar las áreas justo debajo de este nivel. También de puede bombear agua de B1 al tanque de agua (50m³) ubicado a la entrada de la propiedad para irrigación por goteo.



Noveno. Para decidir la dirección (de surcos en cultivos, líneas de árboles frutales y/o forestales, así como la dirección del ranurado con el arado Yeomans en el caso de las praderas) se realiza el estudio del movimiento de escorrentías en cada área en particular.



Las flechas indican la direccion del flujo de escorrentias

que se señalan más arriba en la vertientes y bajan un poco en los parteaguas de las laderas, este criterio es para todo el terreno.

Décimo. Una vez que se determina la posición de los caminos, canales y las diversas áreas; se procede a ubicar las infraestructuras importantes como casas, bodegas, corrales en posiciones privilegiadas en relación a los caminos, sin problemas de erosión ni humedades, además se toman en cuenta las influencias externas del Mapa de Sectores para el control de vientos, incendios, contaminación, etc.

El criterio más importante es asegurarse de que el agua fluya desde las vertientes hacia las laderas, ya sea en los surcos, en la calles entre los árboles o en la ranuras de subsuelo.

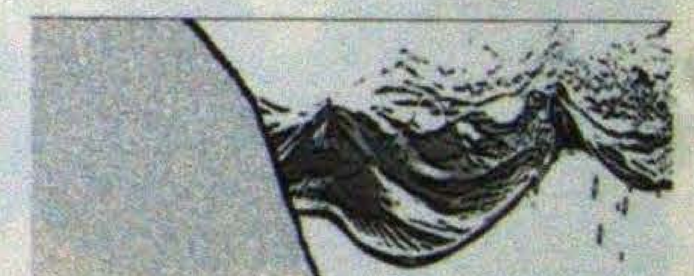
En el dibujo de arriba, se muestra las hileras de árboles como líneas punteadas



Diseño Keyline

- C1 y C2. Zona residencial
- A1. Nogales, Macadamias, Piñones
- A2. Huerta de frutales mixtos suelo humedo
- A3. Huerto Familar
- A4. Frutales de consumo diario
- A5. Frutales mixtos suelo seco
- A6. Pradera con franjas de ramoneo
- A7. Humedal con bambu
- A8. Robles, Encinos, Pinos,
- A9. Sauces, Sabinos, Ahuehuetes

Capítulo VIII



Almacenaje de Agua

El Agua no lo es todo, sin ella no hay nada

CAPÍTULO OCHO
Almacenaje de Agua

Reservorios

Cualquier propiedad se realza con la vista del agua, la construcción de un reservorio acuífero incrementa la productividad biológica de la tierra y aumenta su plusvalía, además, tiene múltiples propósitos que pueden estar integrados.

Un reservorio de agua (también llamado bordo, jagüey, embalse o tanque de tierra), es un talud hecho de tierra cuyo contenido de arcilla es muy alto. Sirve para almacenar agua durante las épocas de lluvia y tenerla disponible durante las épocas de sequía *(Fig. 8.1)*. Es la forma más económica de almacenar grandes volúmenes de agua en los terrenos. Potencializar la funcionalidad y estética de un reservorio de agua se logra a través de un buen diseño, investigación, planeación y técnicas de construcción apropiadas.

Algunos de sus usos potenciales son:

- En lo alto: almacenaje (sin animales).
- En lo bajo: acuacultura.
- Reproducción de plantas acuáticas.
- Abrevaderos de animales.
- Hábitat de vida silvestre.
- Irrigación por gravedad.
- Modificación de microclima.
- Reserva contra incendios.
- Absorción de nutrientes.
- Control de erosión.
- Filtrado y decantado.
- Efectos pasivos solares.
- Embellecimiento del paisaje.
- Recreación y entretenimiento.
- Control de plagas.

Y, de ser necesario, ¡todo al mismo tiempo!

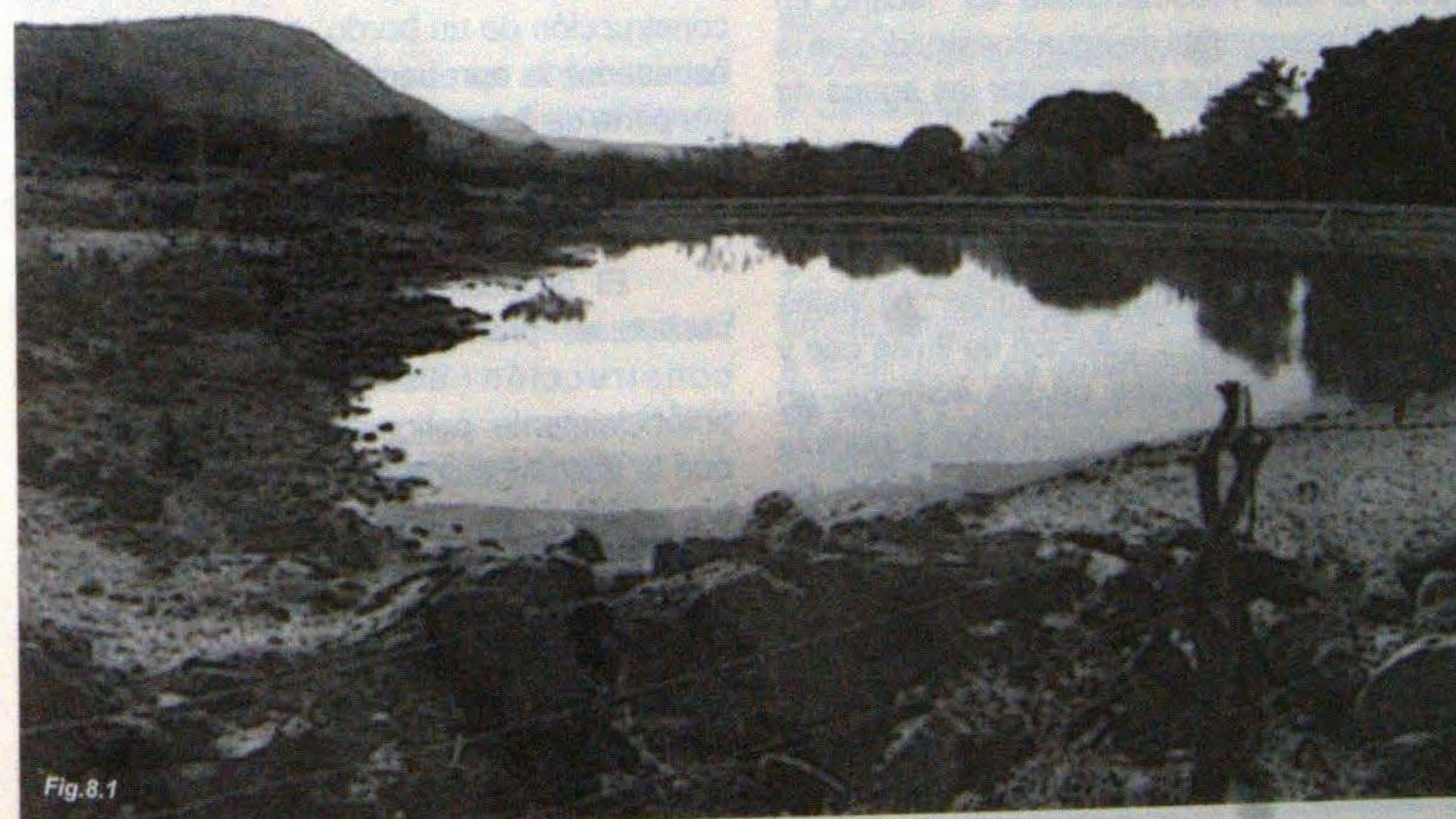


Fig. 8.1

La construcción de un bordo cuya localización y capacidad de almacenaje sean con taludes de más de 5 m de altura, debe ser supervisada por un experto en construcción de este tipo de infraestructuras, ya que de colapsarse, podría poner en riesgo la vida de personas, animales o resultar en daños serios a la propiedad. Sin embargo, la siguiente información puede servir de guía para construir reservorios con taludes de menos de 5 metros.

Si se requiere guardar agua potable en volúmenes menores a 200,000 litros, lo más recomendable es hacerlo en tanques de ferrocemento, piedra, ladrillo, plástico o cualquier otro material que se pueda sellar para proteger al agua de la luz, aire, polvo y animalitos.

En algunas situaciones, donde la topografía no es propicia o alguna otra circunstancia impide construir un bordo, se puede construir un tanque de agua para irrigar pequeñas cantidades de terreno o para abrevar animales. Si se requiere guardar agua potable en volúmenes mayores a 200,000 litros, lo más recomendable es hacerlo en (bordos) reservorios de agua construidos en la tierra y preparados para captar las aguas de escorrentía.

¿Qué son las Aguas de Escorrentía?

La escorrentía de aguas pluviales ocurre cuando la precipitación de lluvia cae y corre sobre los techos de los edificios, en calles, aceras y en cualquier otra superficie impermeable. Estas aguas, en lugar de introducirse en el suelo, corren sobre las superficies y llegan a los drenajes pluviales.

Durante muchos años, la facilidad de construcción, lo económico de su costo y la falta de información en el diseño de bordos, a menudo resultaron en fallas de permanencia, efectividad, funcionalidad y atractivo estético de estas reservas de agua.

Fue el señor P. A. Yeomans quien descubrió y capitalizó el verdadero potencial de estas infraestructuras en los paisajes rurales a través de su *Sistema de Diseño Keyline (Línea Clave)*. Con la ayuda de sus hijos, Yeomans desarrolló este sistema en los años de las post-guerra en el sureste Australiano. El sistema *Keyline* ha sido adoptado por los Diseñadores con Permacultura como la mejor técnica para el diseño de propiedades a gran escala.

El proceso de *Diseño keyline* empieza con el uso de la *Escala de Permanencia* en conjunción con las Éticas y Principios de Permacultura. El mejor sitio en Internet (del Diseñador de Desarrollos Hidrológicos con Permacultura con más prestigio a nivel mundial, *Darren Doherty*) es www.permaculture.biz donde se pueden ver múltiples ejemplos de diseños hidrológicos.

Requerimientos legales de Planeación

La primera parte del proceso de construcción de un bordo, es obtener (de ser necesario) la aprobación de su construcción por parte de las autoridades gubernamentales (locales o regionales), en las dependencias correspondientes al uso del agua.

El propósito de las normas en este sentido es proteger a la comunidad de la construcción de bordos en sitios potencialmente peligrosos y asegurarse de que la distribución del agua regional se haga de manera equitativa. Estas autoridades también pueden ser fuente de valiosa información general y regional. Contactar a un buen ingeniero civil local, experimentado en la construcción de reservorios es muy útil, y puede llegar a ser un requerimiento para el permiso de construcción del mismo.

Identificación del sitio ideal para un reservorio (bordo)

La ubicación de cualquier reservorio (bordo) es el resultado de un proceso de planeación integral utilizando los Principios de diseño y análisis de las *Líneas Clave (Keyline)*, tal y como se estudió en los capítulos anteriores *(Fig.8.2)*.

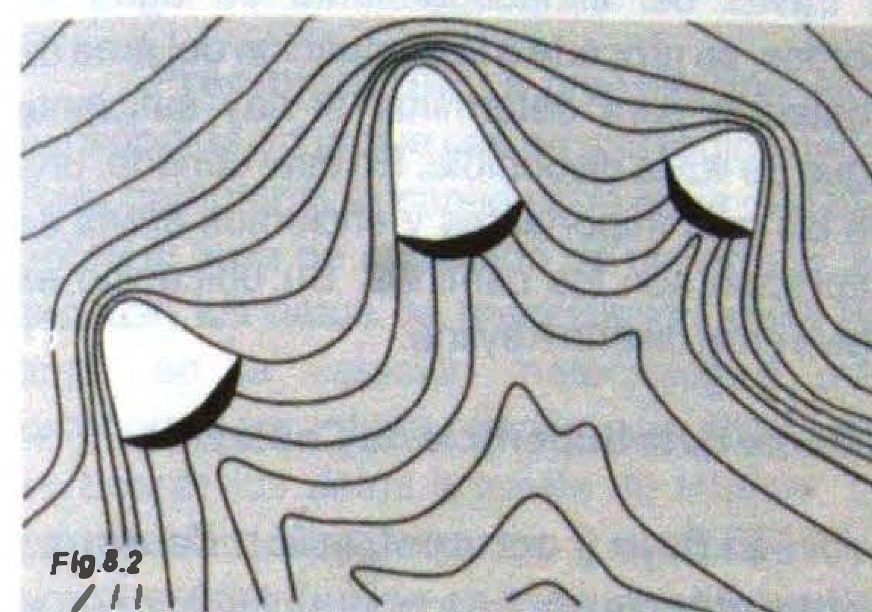


Fig.8.2

En este capítulo, vamos a enfocamos primordialmente en los parámetros asociados con los aspectos técnicos de la planeación y construcción de la infraestructura del bordo.

Los primeros temas que se abordan son:

¿Cuánto realmente requiere ser almacenado?
¿Existen otras fuentes de agua disponibles en la propiedad?
¿Cómo fluyen dentro del terreno?
¿Cuánta agua acarrean?
¿Cómo pueden ser captadas?
¿Cuál es la forma más viable de captarlas? (económicamente hablando)

Cantidades de agua requerida al año

La siguiente Tabla (8.1) aporta una idea del gasto anual para personas, animales y plantas. Estas aproximaciones son necesarias al momento de calcular el *Vun* (volumen útil necesario) de una finca, una granja un rancho o una unidad productiva.

Volumen útil necesario (*Vun*) *Es la suma de volúmenes para personas, riego y ganado*		
Uso	***Volúmenes requeridos por día***	***Volúmenes requeridos al año***
Doméstico	50 litros x habitante	20 m³ por habitante/año
Para medio riego (auxilio)	-----	5,000 m³ por hectárea/año
Abrevadero Ganado Mayor	40 litros x cabeza	15 m³ por cabeza/año
Abrevadero ganado Menor	15 litros x cabeza	6 m³ por cabeza/año

Tabla 8.1

A continuación se desarrolla una cronología (muy básica), que nos conduce a través de los diferentes cálculos y análisis -ordenados de acuerdo a su prioridad- en el proceso de diseño de reservorios de agua.

Cronología de Cálculos Hidrológicos para la Construcción de un bordo

1. Cálculo del Volumen (m^3) requerido para abastecer necesidades de agua (Riego y Uso).
2. Evaluación de fuentes alternativas de abasto.
3. Cálculo de la Superficie de Captación.
4. Cálculo del EscurrimientoAprovechable.
5. Incrementando el Área de Captación
6. Análisis de suelos para determinar si es apropiado para almacenar agua.
7. Determinación de los posibles emplazamientos de bordos.
8. Evaluación de **Volúmenes de Movimiento de Tierra y Capacidad de Almacenaje.**
9. Determinación de cantidad de bordos y,
10. Capacidad deAlmacenaje de cada uno.
11. Determinación de avenidas máximas que deban descargar los derramaderos.
12. Determinación del volumen de azolve para localizar la cota a la que debe ubicarse la obra de toma.

Cálculo del Volumen Útil Necesario (Vun)

Es expresado en m³. Lo primero que se tiene que hacer en cualquier sitio es determinar los requerimientos reales de agua (Volumen Útil Necesario o Vun) para uso doméstico, riego, abrevaderos y otros. Con este dato, se procede a analizar todas las fuentes de abasto apropiadas y disponibles en el terreno, y determinar si se justifica o no la construcción de uno o más bordos que almacenen el agua necesaria (Vun).

Coeficientes para los diferentes beneficios

Volumen útil del almacenamiento *(Vua)* = *Cu (Capacidad útil en m³)* -*Vp (Volumen porcentual)*
Como aproximación:
Vp= 0.1 C_{TA} *(Capacidad Total de Almacenamiento)*
Debiendo siempre quedar que: El Volumen útil necesario sea menor que el Volumen útil almacenado *Vun<Vua*.
El volumen de agua siempre se expresa en metros cúbicos (m³), 1 m³= 1,000 litros.

Para entender esto un poco mejor, desarrolla un pequeño ejemplo ilustrando estos cálculos:

Pregunta: ¿Cuál sería el *Volumen útil necesario (Vun)* de una pequeña granja que cuenta con 8 personas, 4 hectáreas de riego, 10 reses adultas y 12 chivos?

Solución:

+ 8 personas	x	20m³ =	160 m³
+ 4 hectáreas	x	5,000m³ =	20,000 m³
+ 10 reses	x	15m³ =	150 m³
+ 12 chivos	x	6m³ =	72 m³
		Vun =	**20,382 m³**

Respuesta: Esta granja tiene un *Vun* anual (Volumen útil necesario) de 20,382 m³ (20 millones 382 mil litros).

*Al construir un bordo es necesario tomar en cuenta que su C_{TA} *(Capacidad Total de Almacenamiento) sea SIEMPRE MAYOR al Volumen útil necesario (Vun).*

Evaluación de fuentes alternativas de abasto

Para determinar si existe alguna fuente de agua suficientemente grande como para abastecer el Volumen útil necesario de la propiedad, se revisa minuciosamente el terreno. Una vez que se determina que la única solución para satisfacer dicho abasto es a través del almacenamiento de agua en bordos, se procede a la evaluación del área de captación para determinar si hay suficiente agua de lluvia disponible. En este sentido, una de las más importantes y eficientes áreas de captación son los caminos. Su ubicación es clave en el diseño Keyline.

Cálculo de la Superficie de Captación

El flujo y concentración de aguas sobre el terreno. La topografía influye en el comportamiento del flujo del agua según sea su pendiente. Las aguas, desde que empiezan a correr hasta que llegan al sitio donde van a ser almacenadas, se concentran en las cuencas de tres maneras: avanzada, media o retardada, según sea la inclinación de los terrenos y la forma de la cuenca. La concentración se presenta en forma avanzada, casi siempre cuando el terreno tiene fuertes pendientes, y en forma retardada, cuando la cuenca presenta terrenos muy planos.

La habilidad para "leer" las elevaciones y depresiones en un plano topográfico, facilita la visualización de todos los aspectos relacionados con el emplazamiento ideal de cualquier reservorio, uno de ellos es la determinación del área de captación y la cantidad de agua que fluye sobre la propiedad. Esto se logra reconociendo en el mapa las líneas que indican laderas, vertientes, valles, mesetas y depresiones tal y como se estudio en capítulos anteriores.

Se empieza definiendo, en las laderas, las líneas divisorias de agua (o parteaguas) que enmarcan los límites del área de captación del sitio analizado. Una vez marcados estos límites, se utiliza una mica transparente cuadriculada para determinar el tamaño del *Área de Captación*. También se puede se puede utilizar un aparato GPS para obtener el área enmarcada dentro de varios puntos de un mapa.

Precipitación. La precipitación es la cantidad de agua que cae en una región dada. Para determinar la cantidad de agua que cae sobre el área de aptación de un terreno, se recaban los datos de precipitación anual del lugar en la estación meteorológica más cer ana al área de la cuenca, otra alternativa es buscar los datos a través de Internet. La información necesaria es: La precipitación anual, su distribución en cada mes, la avenida máxima en la historia (la lluvia más intensa que ha ocurrido en el sitio en un solo dia), y el nivel de evaporación.

Cálculo del Escurrimiento Aprovechable

Los escurrimientos son aquellas aguas que fluyen sobre o bajo la superficie del suelo como resultado de la lluvia. De acuerdo con el examen que se haga de la cuenca, tomando en consideración: las pendientes principales, la forma de concentración de las aguas, la cubierta vegetal existente y la permeabilidad de los terrenos, se podrá determinar, el coeficiente de escurrimiento que deba adaptarse en cada caso particular, y podrá ser deducido prácticamente por comparación de cuencas que guarden semejanzas con la que se estudia.

Una vez que se tienen los datos del tamaño del Área de Captación y la cantidad de Precipitación anual, se usa la *Tabla 8.2.*

Tabla de Escurrimientos de Áreas De Captación y fórmula para calcular la cantidad total de *Escurrimientos para esta Área de Captación* (dato indispensable para saber con precisión la cantidad real de agua disponible para canalizar y almacenar) *(Tabla.8.2):*

ESCURRIMIENTOS DE AREAS DE CAPTACION						
Precipi-tación Anual (P) (mm)> 1100	Evaporación Anual Total	Confia-bilidad **	Escurrimiento como % de Precipitación Anual (Y)			
			(%) Suelos arenosos superficiales o limo arcillosos	(%) Suelos Areno arcillosos	(%) Suelos Arcilloso elásticos	(%) Suelos arcilloso inelás-ticos polvosos
>1,100		8	10-15	10-15	15-20	15-25
		9	6.5-10	6.5-10	10-13	10-16.5
901 a 1100		8	10-12.5	10-15	12.5-20	15-20
		9	6.5-8	6.5-10	8 -13	10-13
501 a 900	Menos de 1,300	8	7.5-10	7.5-15	7.5-15	10-15
		9	5-8.5	5 -10	5-10	6.5-10
	1,300 a 1,500	8	5-7.5	6 - 12.5	6-10	10-15
		9	3-5	3-8	3-8.5	6.5-10
401 a 500	1,500 a 1,800	8	2.5-5	6-10	2.5-5.7	7.5-12.5
		9	1.5-3	3-8.5	1.5-3	5-8
250 a 400	Menos de 1,800	8	0-2.5	0-5	0-2.5	2.5-7.5
		9	0-1.5	0-3	0-1.5	1.5-5
	Mas de 1,800	8	0	0-2.5	0	2.5-5
		9	0	1-1.5	0	1.5-3

**La confiabilidad esta expresada en años-
Cuando los suelos *arcilloso-elásticos* están secos, se resquebrajan en la superficie, reduciendo el escurrimiento. Cuando los suelos *arcilloso-inelásticos* están secos, se transforman en suelos de polvo muy fino que cubre toda la superficie, este polvo previene la infiltración, lo que incrementa el escurrimiento.
Para esquemas de irrigación, una confiabilidad de ocho a diez años es aceptable.
Para esquemas de uso doméstico y abrevaderos, la confiabilidad debe ser mayor de 10 años.

Tabla 8.2/ Tabla sacada del artículo de Bordos de Darren Doherty

Para estimar el ***Escurrimiento anual de un Área de Captación***, utilizamos la siguiente fórmula:

Escurrimiento de Captación = 100 x A x P x Y

A = Área de Captación en hectáreas,
P = Precipitación Pluvial anual en mms,
Y = Escurrimiento expresado en % (porcentaje) de precipitación anual.

A continuación se desarrolla un pequeño ejemplo para ilustrar estos cálculos:

Pregunta: ¿Cuál sería la cantidad de agua disponible para una propiedad cuya Área de Captación está delimitada por 60 hectáreas y cuyo suelo es areno-arcilloso, recibe una precipitación anual de 450 mm y tiene una evaporación anual de 1500 mm?

Solución.
A = 60 ha,
P = 450mm,
Y = 2.5% (confiabilidad de 8 en la Tabla 1)

De aquí que:
El *Escurrimiento de Captación* es
100 x 60 x 450 x 2.5 = 6´750,000 litros
O lo que es lo mismo 6.75ML (megalitros)
(1 Megalitro (ML)= 1´000,000 de litros)

Derramadero

El derramadero (también llamado vertedero, rebosadero u obra de excedencias) de un bordo es el espacio por donde fluye el agua una vez que éste se llena y empieza a rebosar. **Su diseño y posición son criticos**, ya que es justamente por ahí por donde va a fluir el cauce del agua excedente. El mal diseño o cálculo de su tamaño son las dos principales causas del colapso de los reservorios. Uno de los aspectos de mayor importancia en la ingeniería de un bordo es diseñar el derramadero de tal manera que pueda lidiar con la posibilidad (de 1 en 100) con la *avenida máxima de aguas* que pueda ocurrir en un solo evento estando lleno el reservorio.

El Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (N.A.M.E.) es el nivel de almacenamiento que señala la cota máxima a la cual puede llegar el almacenamiento ante la presencia de una avenida máxima, y que es descargada por la obra de excedencias, dependediendo del tipo de vertedor y la capacidad de sobre-almacenamiento.

A mayor altura (H):
mayor capacidad reguladora/menor gasto y menor libre bordo.

A menor altura (H):
menor capacidad reguladora/mayor gasto y mayor libre bordo.

Siendo obtenido con la expresión:
N.A.M.E.= N.A.N. + Hv donde:
Hv = carga en el vertedor de excedencias, expresada en metros cúbicos (m^3).

Los datos meteorológicos locales indican la cantidad máxima de agua que ha caído en la región durante un solo evento, con lo que se puede entonces calcular el volumen máximo del flujo en metros cúbicos por segundo, y diseñar un vertedor y/o un tubo de desagüe capaz de desalojar dicha cantidad de agua sin problemas.

El ingeniero debe calcular el flujo de inundación usando un método que tome en cuenta: la intensidad de la lluvia, las características y tamaño del Área de Captación, la pendiente promedio del curso de agua, y la distancia del cabezal desde la fuente de Captación hasta el sitio donde está ubicado el reservorio.

Cálculo del tiempo requerido de almacenamiento

El tiempo de almacenaje de agua depende directamente de la cantidad de lluvia que cae en una región determinada, el área de captación y el tamaño del reservorio. La *Tabla 8.3* nos da una idea del periodo necesario de almacenaje en relación a la cantidad anual disponible de lluvia.

Periodos de almacenaje para diversas precipitaciones	
Precipitación anual promedio (mm)	Duración requerida de periodos de almacenaje (meses)
>650	12
451-650	18
250-450	24
<250	30-36

Tabla 8.3

Incrementando la cantidad de Captación

Existen varios métodos para conducir agua desde un punto del terreno, hasta determinado reservorio cuya área de captación no sea lo suficientemente grande para abastecer las necesidades requeridas, y cuando no está ubicado en la misma cuenca que el área de captación alternativa. Una forma es diseñar y desarrollar un sistema de canales en la tierra que intercepten todo el escurrimiento y lo conduzcan al reservorio, a este tipo de canales se les llama *Canales de Desviación o Conducción*, los cuáles tienen múltiples propósitos además de conducir el agua.

El Canal de Conducción

Aunque no corresponde a este capítulo desarrollar los aspectos técnicos de los canales de conducción, vale la pena recordar sus diferentes funciones para recalcar su importancia en el Diseño Hidrológico Integral de cualquier terreno. La primera función de este tipo de canales es recolectar toda el agua que viene "bajando" (ya sea por las laderas o las vertientes) desde una Área de Captación, esta característica le permite conducir agua desde una microcuenca a otra (*Fig.8.3*) para conectar por ejemplo, dos bordos emplazados a la misma altura.

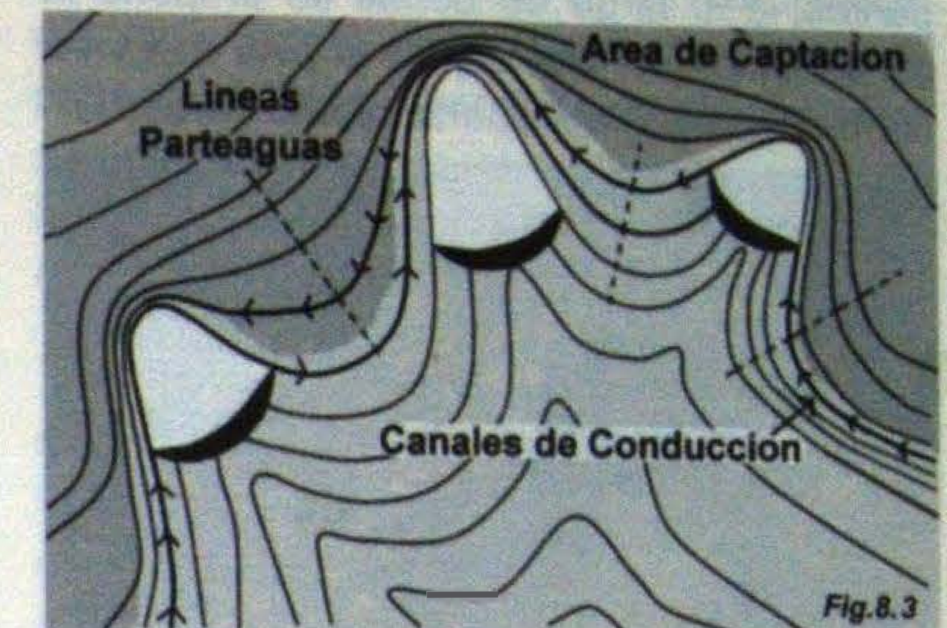


Fig.8.3

Al ser un canal construido a nivel, poco profundo y bastante ancho, esparce el agua uniformemente a todo su largor, anulando su tendencia natural a acumularse en las vertientes; este efecto reduce automáticamente la velocidad del los escurrimientos, por lo que controla totalmente la erosión del terreno, forzando así a que el agua permanezca más tiempo en contacto con la tierra y por ende se induce su mayor infiltración en la tierra. Todo lo anterior, redunda en una recarga mucho más profusa de los mantos freáticos, aumento en la disponibilidad de agua para las plantas y microorganismos y un consiguiente aumento en la fertilidad y productividad de la tierra.

Sustentabilidad del Suelo

Para determinar si un suelo es apropiado para almacenar agua, un aspecto importante del proceso de diseño es evaluar la textura del subsuelo en el sitio donde se desea construir el reservorio, la cual -entre otras cosas- **debe tener un contenido mínimo de arcilla de entre 10 a 20%.**

Para realizar la investigación de la composición del subsuelo en los sitios predeterminados para emplazar reservorios, es necesario hacer perforaciones con barreno de suelos o pozos a cielo abierto,

o bien, haciendo excavaciones *(Fig.8.4)* con una retroexcavadora. Esto se hace en varios puntos, a lo largo de donde se propone la construcción del bordo y en el piso que va a contener el agua en la parte interna del bordo.


Fig.8.4

Para el análisis, se consideran como factores determinantes: el carácter del suelo, la topografía, el drenaje y la presencia de álcalis, la profundidad de la capa de tierra vegetal y la composición de arena, arcilla y limo que tiene el subsuelo, así como su aptitud para contener agua; eventualmente pueden tomarse en cuenta otros factores, como el viento, inundaciones, erosión, etc.

- Las pruebas más importantes que debe realizar el ingeniero son:

La prueba *Emerson*, la cual determina los tipos de partícula de acuerdo a la escala *Emerson*, y el comportamiento de estas partículas al contacto con el agua y ante la ausencia de ella. Esta prueba determina con precisión sin el subsuelo es apto o no para construir el bordo.

El perfil de la textura del suelo, con el cual se determinan las proporciones de arcilla, limo, arena y grava presentes en el sitio propuesto.

Los *límites* de *Atterberg* o *límites de Consistencia* se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos y se basan en el concepto de que, en un suelo de grano fino sólo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en **estado sólido,** cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco, va pasando sucesivamente a los estados de **semisólido, plástico,** y finalmente **líquido.** Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados *límites de Atterberg*. Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de 3mm de espesor con el suelo.

Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites: ***El límite plástico*** que está definido como el contenido de humedad en el cual la tierra empieza a comportarse como un material plástico. Un material plástico puede ser moldeado de cierta forma y va a retener esa forma. Si el contenido de humedad disminuye por debajo del límite plástico, se considera que la tierra se acerca al ***límite sólido*** semejante a un material no plástico y es aquí donde empieza a resquebrajarse. Por lo contrario, si el contenido de humedad aumenta más allá del límite plástico se acerca al ***límite líquido,*** el cual está definido como el contenido de humedad al cual la tierra se comporta como líquido.

Análisis de criba. Se criba un poco de tierra a través de una malla calibre 200 para separar las arcillas y los limos unidos a las partículas de arena y grava, para determinar con precisión a qué grupo de las 15 clasificaciones de tierra corresponde. Esta describe las propiedades de la grava, arena, limo, arcilla, tierra orgánica y turba de la muestra. Una vez que se determina con precisión a qué clasificación corresponde, el ingeniero/diseñador tiene las bases para saber cómo va a construir la pared del reservorio.

Evaluación de la textura del suelo por el tacto

Un método sencillo para evaluar la textura del suelo rápidamente es: poner un puñado de tierra en la palma de la mano y agregarle un poco de agua. Escurrir y amasar la tierra hasta que se adhiera a la mano.

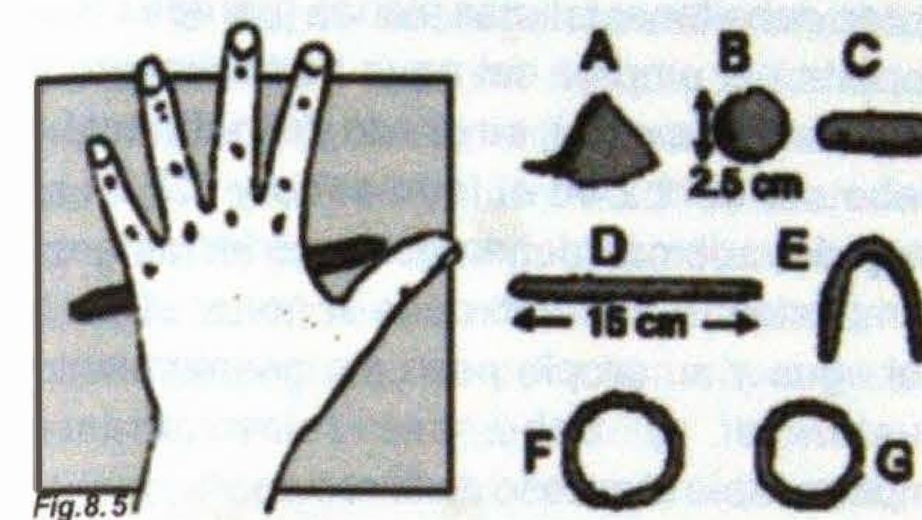


Fig.8.5

En la medida en que se pueda moldear como en la *Figura 8.5*, dará una idea aproximada de su clase de textura.

(A) *Arena*. El suelo permanece suelto y en granos simples y puede ser amontonado pero no moldeado.

(B) *Franco arenoso*. Puede ser moldeado en forma esférica y se desgrana fácilmente; con más sedimentos.

(C) *Limo*. Puede ser enrollado en cilindros cortos.

(D) *Franco*. Partes iguales de arena, sedimentos y arcilla que pueden ser amasadas en una trenza gruesa de 15 cm de largo que se rompe al doblarse.

(E) *Franco arcilloso*. El suelo no puede ser amasado como en D pero puede ser cuidadosamente doblado en U sin romperse.

(F) *Arcilla liviana*. El suelo es suave y al doblarse en un círculo se agrieta un poco.

(G) *Arcilla*. Se maneja como plastilina y puede ser doblado en un círculo sin agrietarse.

(Método y dibujo según Llaco, 1985).

Pruebas de Permeabilidad. Estas pruebas sirven para determinar la capacidad de retención de agua de la tierra. Las pruebas de laboratorio determinan la tasa de permeabilidad de humedad por centímetro por minuto. Sin embargo, aunque ésta es una de las pruebas más inmediatas y útiles, también es la más costosa de todas las pruebas.

La Prueba de la Botella es una prueba de campo sencilla que puede servir para dar una aproximación del tipo de permeabilidad que existe en un terreno dado. Se realiza como se describe a continuación *(Fig.8.6)*:

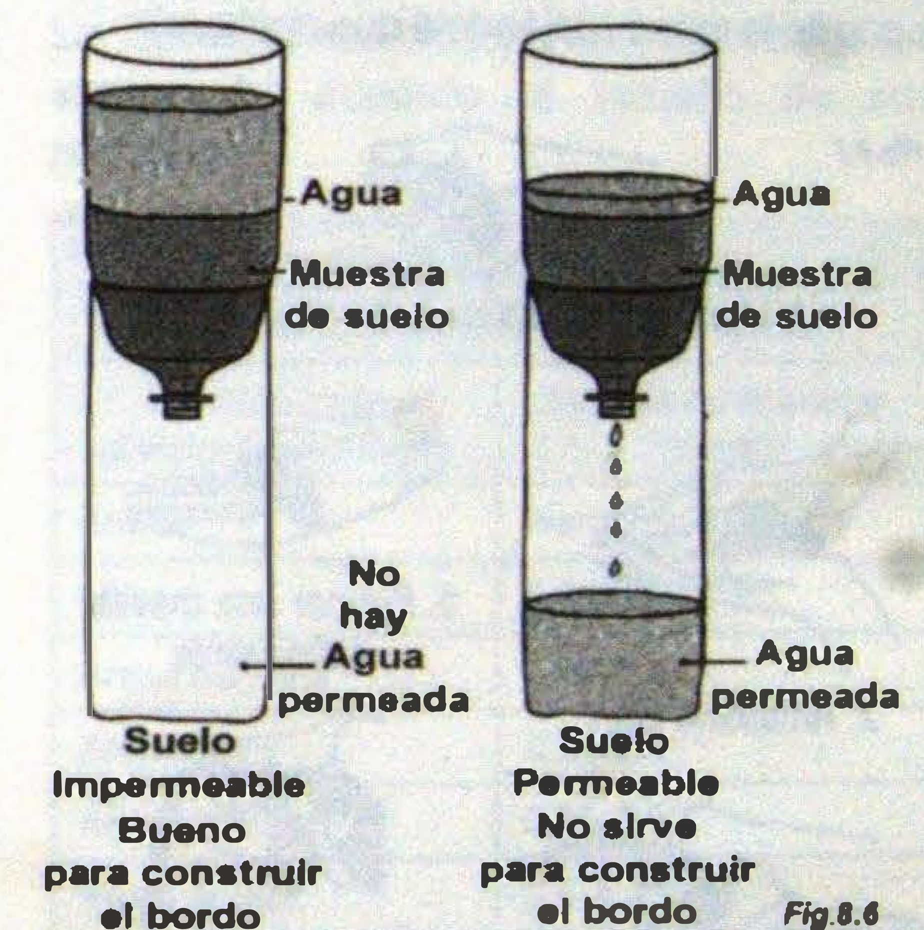


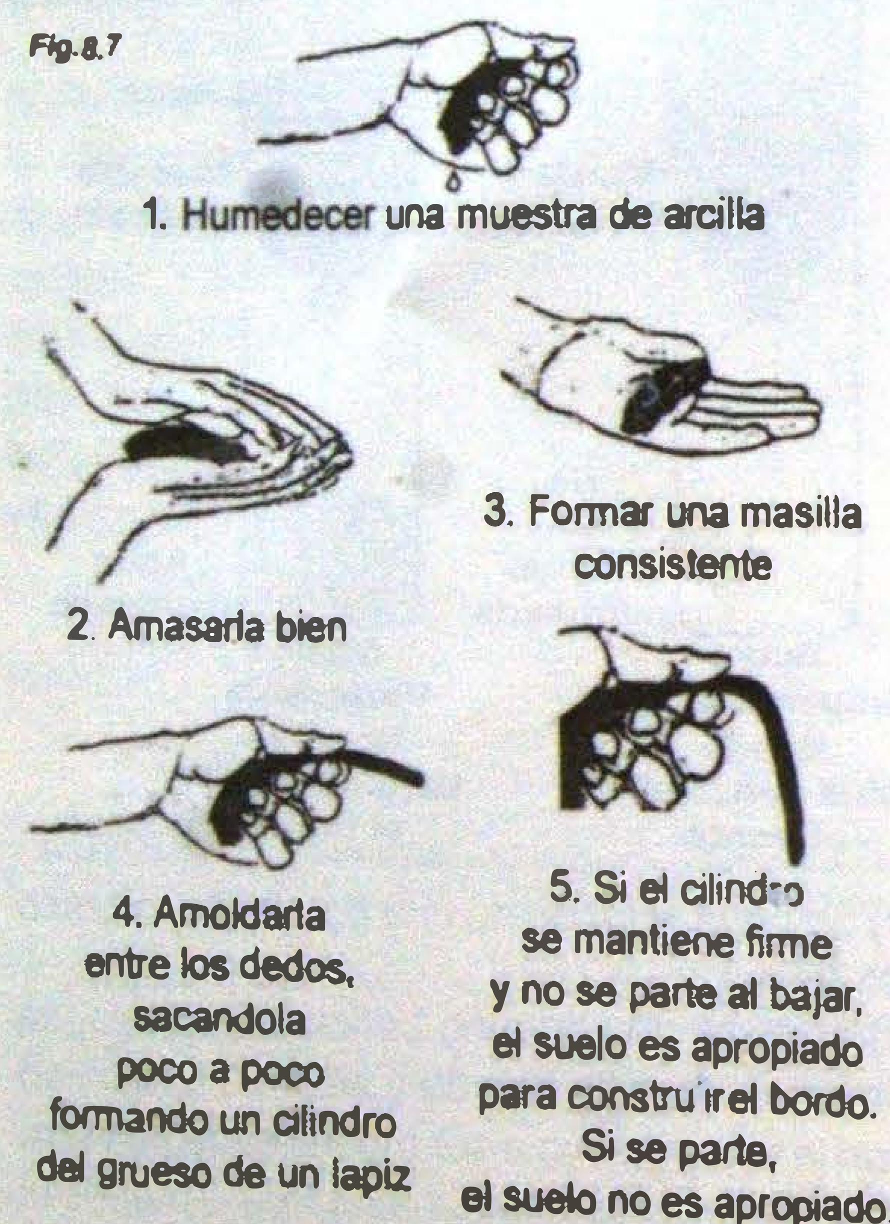
Fig.8.6

1) Se corta el fondo de una botella de refresco de 750 ml.
2) Se hace un pequeño orificio en la tapa, se invierte la botella tapada y se llena a la mitad con la tierra que va a ser muestreada (la tierra debe estar compactada hasta más o menos el mismo grado de compactación que se va a compactar la pared del bordo).
3) Se corta la parte superior de otra botella.
4) Se llena el resto de la primera botella con agua y se embroca sobre la segunda (como lo muestra la figura). Si el agua no llega al fondo después de 24 horas, entonces el suelo es impermeable, tiene buenas propiedades

de retención de agua y pudiera servir para construir un bordo; si por lo contrario, el agua pasa a través de la tierra, el suelo es permeable y no apto para la construcción del bordo. Es importante amasar bien la muestra y no agregarle demasiada agua, sólo la necesaria para amasarla con facilidad.

Otra prueba sencilla es:

1. Tomar un puñado de arcilla y humedecerlo bien *(Fig.8.7)*.
2. Amasarlo y formar un cilindro del grueso de un lápiz (o menos).
3. Rolarlo entre los dedos, sacándolo poco a poco de la mano (dejándole que cuelgue).



Entre más largo y delgado se pueda formar el rollo, mayor es su contenido de arcilla y mejor su textura, por lo que se concluye que sí puede servir para construir el reservorio. Si por lo contrario, el rollo se parte al formarlo, entonces el suelo no es apropiado para contener agua.

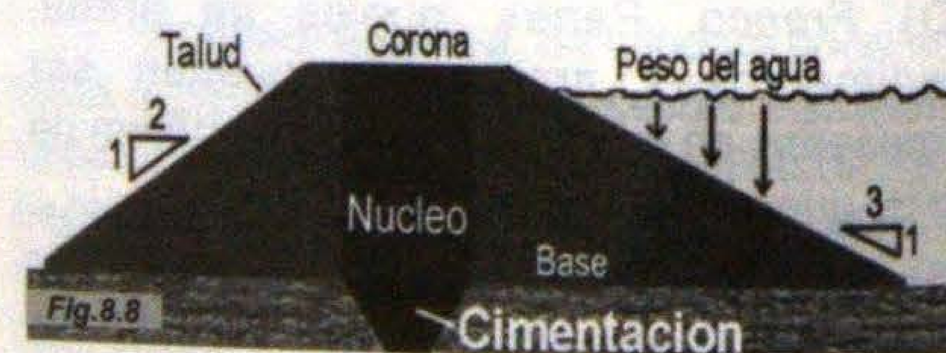
Talud

Cuando el reservorio está lleno, una buena parte de la pared se satura de agua, por eso **es muy importante considerar que no existe un bordo totalmente impermeable.**

Para reducir el colapso potencial del bordo como resultado de este fenómeno, el bordo debe tener taludes planos (paredes que soportan el empuje del agua verticalmente y no horizontalmente), **su grado de inclinación debe ser de 1:2 en el lado seco y 1:3 en el mojado,** además deben estar perfectamente compactadas. El bordo debe soportar el peso del agua y su propio peso sin asentamiento sustancial, y debe ser relativamente impermeable al exceso de filtración.

La construcción de una **cimentación** adecuada en la base del bordo es vital para el éxito del almacenaje de agua. Sirve para impedir el flujo de infiltraciones a través de los taludes.

Consiste en una excavación justo al centro de los mismos, por debajo del nivel de la base del bordo, donde se encuentra el subsuelo impermeable. La excavación se rellena y compacta con la mejor de las arcillas encontradas formando un núcleo literalmente impermeable *(Fig.8.8)*.



La mayoría de los bordos requieren un núcleo relativamente pequeño en comparación con la base de los taludes. El tamaño de la zanja de la cimentación se puede hacer del ancho de la cuchilla (2.50-3 m) del tractor caterpilar.

Clasificación de bordos de acuerdo a su material de construcción

La estructura natural del terreno, va a determinar la clase de bordo que se puede (o no) construir. Por lo tanto, en función del subsuelo, hay tres tipos de bordos: **Homogéneo, Mixto y Diafragma.**

El bordo homogéneo está construido en su totalidad con una mezcla uniforme de material que generalmente tiene un contenido de arcilla de 20-30% y el resto de limo, arena y un poco de grava. Este es el tipo de bordo más fácil de construir. La altura de la pared de un bordo homogéneo no debe ser mayor a los 6 metros, ya que las arcillas tienden a dispersarse y entonces es necesario utilizar yeso o bentonita para agregar un sellado adicional.

Los bordos mixtos son los bordos más estables en terrenos agrícolas, se construyen solamente en aquellos lugares donde se tiene la suerte de encontrar los materiales adecuados para hacerlo.

Se selecciona la arcilla de mejor calidad para construir el núcleo del bordo, y se dejan los materiales menos adecuados para construir los terraplenes, tanto el interno como el externo. Como regla general, la medida de la base del núcleo hecho de arcilla, debe ser por lo menos la misma medida que la altura total del bordo, y debe estar unida a una franja impermeable enterrada por debajo del nivel superficial.

Los bordos de diafragma se utilizan en lugares donde los materiales adecuados para construir el muro son limitados. Se utiliza una capa del material impermeable para recubrir e impermeabilizar el talud interior, en estos casos puede llegar a ser necesario recubrir la superficie con una capa de yeso o bentonita para recubre y sella el talud interior.

Se deben evitar los sitios que tienen problemas de deslizamientos y presencia de manantiales y rocas. Solamente se pueden utilizar este tipo de sitios con la asesoría de ingenieros expertos. En caso de construir **bordos en terrenos cuyo subsuelo resulte demasiado arenoso, es indispensable "recubrir" toda la superficie** del bordo (incluyendo el vaso) con una capa de 60 cm o más de bentonita, o bien, arcilla expansiva de muy buena calidad.

Clasificación de Bordos según su emplazamiento

La *Tabla 8.4* nos muestra los nombres de los suelos de acuerdo al tamaño de sus partículas.

Tabla 8.4 **Clasificación de suelos según su tamaño de partículas**

Nombre de las divisiones del suelo	*Límites en diámetro (mms)*
Arcilla	menos de 0,002
Limo	0,002–0,05
Arena muy fina	0,05–0,1
Arena fina	0,1–0,25
Arena media	0,25–0,5
Arena gruesa	0,5–1
Arena muy gruesa	1–2

Hay varios tipos de bordos, cuyo diseño y emplazamiento depende en gran parte de la topografía del terreno y de la cantidad de agua que se va a utilizar. Como resultado de todo el estudio y planeación de la granja, rancho o finca, uno obtiene la información necesaria para determinar los lugares adecuados y si existen los materiales apropiados para la ubicación de los bordos. La tasa de almacenamiento que ofrecen los diferentes tipos de bordos y sus posibles emplazamientos, determina la viabilidad económica de cada sitio en función del

volumen de excavación necesario para construir el bordo, comparado con el volumen de almacenaje del reservorio. Por ejemplo, un bordo de ladera ubicado en una vertiente o en una ladera pronunciadas, arriba del *Punto Clave*, va a tener una tasa muy baja de almacenaje, mientras que en una vertiente de poca pendiente, el bordo va a tener mucha más capacidad de almacenaje por cada metro cúbico de tierra movido para su construcción. Las dimensiones del bordo también van a depender del clima y de las pérdidas por evaporación, en climas áridos hay mucho más evaporación que en climas fríos. La evaporación aumenta en bordos de mayor superficie y poca profundidad y disminuye en los de menor superficie y mayor profundidad.

Los efectos de la sedimentación pueden provocar la falla de un bordo debido a la pérdida de capacidad de almacenaje. Siempre ocurre un poco de sedimentación, particularmente terminando su construcción, esto puede ser benéfico para formar un sello en el fondo. El momento de construcción depende de la época de lluvias, el cual es necesario tomar en cuenta para reducir el riesgo de que el bordo se llene demasiado rápido, lo cual puede acarrear demasiada carga de sedimentos. Una solución para resolver las sedimentaciones es construir un pequeño estanque (aguas arriba) del reservorio *(Fig.8.9)* o en los extremos de los canales de conducción (los cuales pueden captar los sedimentos y nutrientes). Esta áreas funcionan como humedales y hábitats para diversos animalitos silvestres y plantas.



Fig.8.9

Tipos y formas de Bordos

En forma de silla de montar, se construye en el lomo que se forma entre dos colinas *(Fig.8.10)*, excavando bajo el nivel de la tierra para acopiar el agua, que por estar en la parte más alta del terreno sirve para riego y para abrevar vida silvestre y animales pastoreados.

Para captar el agua de las dos colinas se les circunda con un *canal de desviación* que conduce el agua directo al bordo, evitando que se escurra por la ladera.



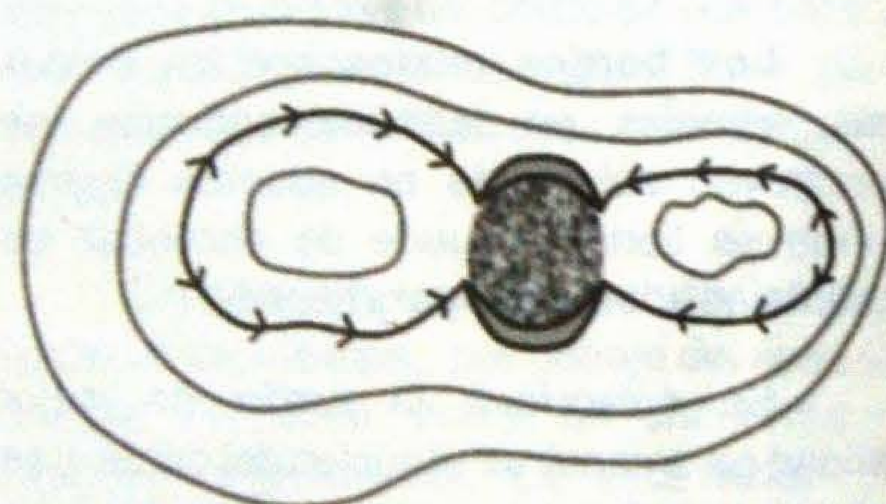


Fig.8.10 Bordo Silla de montar
Captando el agua de los dos cerros colindantes

Bordo de punta de cresta o forma de herradura. Se construye en las sub-planicies o en sitios aplanados de los riscos. Su forma típica es de herradura, se pueden hacer bajo el nivel de la tierra o con montículos de tierra, se les llena a través de canales de conducción que circundan la ladera acarreando el agua desde las laderas circundantes hasta el reservorio. Aunque este tipo de reservorios son más caros que los construidos en vertientes, vale la pena la inversión *(Fig. 8.11)*.



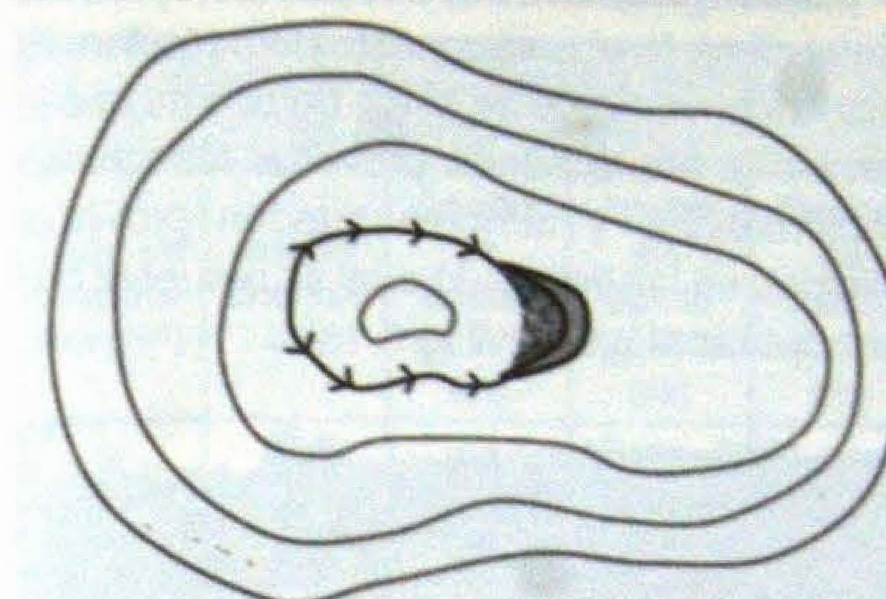


Fig.8.11 Bordo de Punta de Cresta o Herradura

Bordo en puntos Clave de Vertientes. Se construyen justo en los puntos Clave de la Ladera, en arroyos secundarios, para irrigación de cultivos *(Fig.8.12)*.



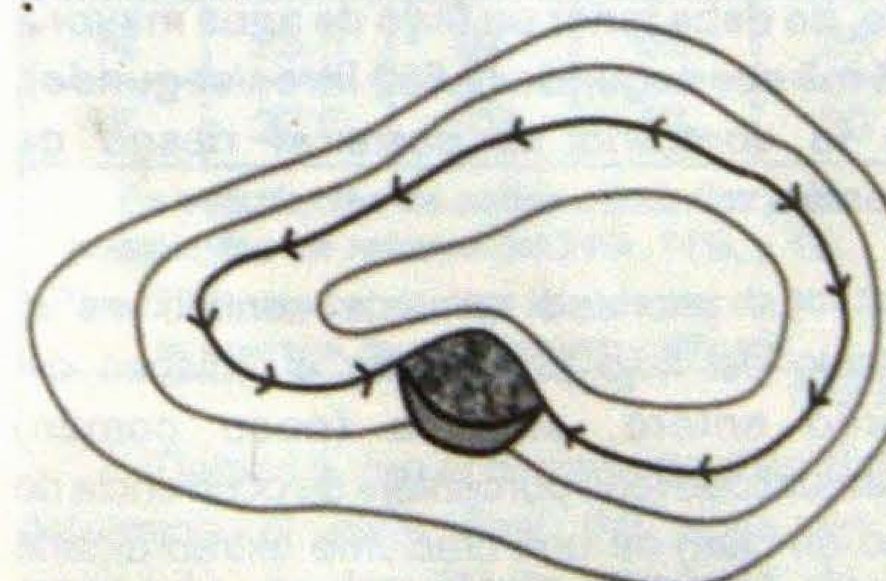


Fig.8.12 . Bordo en vertiente

Al igual que los bordos de herradura, se puede construir una serie de ellos, interconectados a través de canales a lo largo de las *líneas clave* las cuales, a su vez, se utilizan para irrigar las áreas deseadas.

Este es el tipo de bordo más común, se construyen en el curso de agua formado por una vertiente o, en un drenaje en depresión donde el agua tiene más posibilidad de fluir. Para aprovechar al máximo el volumen de agua, su forma generalmente es cóncava, con los extremos del bordo "anclados" en las laderas que conforman la vertiente de captación. Estas características los convierten en la mejor opción de bordos. Los bordos en vertiente tienen muy buena tasa de almacenaje cuando están ubicados abajo del Punto Clave (justo donde la inclinación de la sección de la vertiente cambia de cóncava a convexa y es menos pronunciada).

Para construirlos se utiliza un tractor caterpilar. En este tipo de bordos es muy importante colocar tubos de drenaje auxiliar para reducir la presión de flujo en el derramadero.

Presas de barrera, se construyen a través del lecho de arroyos o ríos que fluyen continuamente o intermitentemente, y por lo tanto requieren rebosaderos y desaguaderos de cuidadosa construcción *(Fig.8.13)*.



Bordo en contorno de ladera. Estos bordos se construyen en las laderas y generalmente tienen tres lados o taludes. Las paredes son cóncavas o convexas según sea la línea de caída que atraviesa la ladera. Por esta razón la construcción de estos bordos es más costosa que la de los bordos en vertientes. Sin embargo tiene la gran ventaja

de aportar humedad y riego por gravedad a las laderas. Los bordos de ladera *(Fig.8.14)* son muy comunes, dado que las laderas forman la mayoría de los paisajes. Además de servir para irrigación se les puede utilizar para acuacultura, moderar temperatura, control de incendios, reproducción de plantas o para alimentar abrevaderos de ganado.

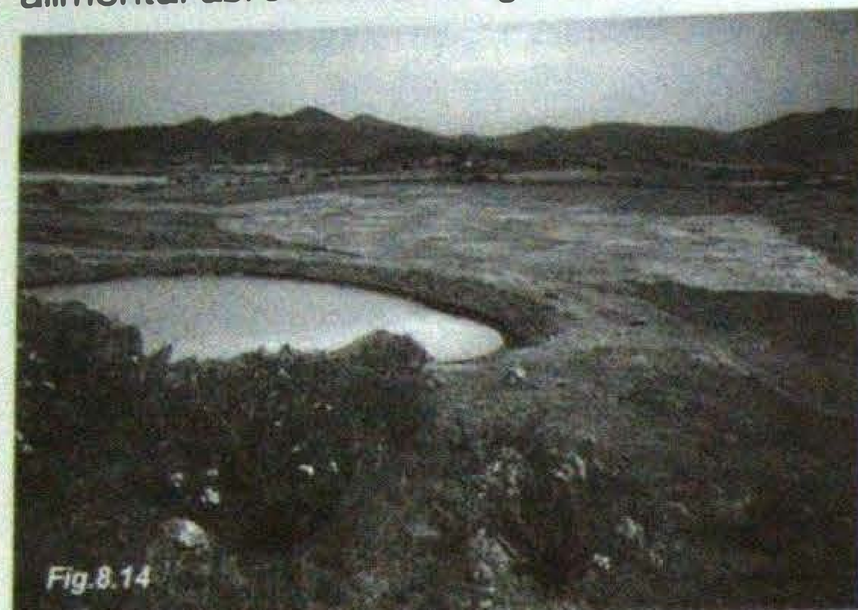


Fig.8.14

Se construyen donde la inclinación de la ladera es menor al 8%. Idealmente se les ubica corriente abajo del *Punto Clave* de la ladera (donde ésta pasa de ser cóncava a convexa) y de preferencia, conectado con un *canal de conducción* que, a su vez, puede ser utilizado para trasvasar agua de una microcuenca a otra. Para construirlos se utiliza un tractor caterpilar.

Bordo de Anillo y Bordo de Nido. Estos son bordos circulares cuya funcionalidad es un poco limitada. Se construyen con excavadoras, su bajísima tasa de almacenamiento los hace costosos para el volumen de agua almacenado. Su mejor aplicación es para abrevaderos alimentados con bombas o molinos de vientos. Este tipo de bordos tiene la más alta tasa de evaporación.

Bordos Estanque. Este tipo de bordo es una excavación de forma rectangular abajo del nivel natural del suelo. Éste es el segundo tipo de bordo más popular debido a que tienen la más alta tasa de almacenamiento de todos los bordos.

Es perfectamente apropiado para terrenos planos o con topografía ligeramente ondulada. Una de las principales características de este tipo de bordos es que se pueden ampliar muy fácilmente, una vez que el clima (o el presupuesto) lo permiten. El único inconveniente de estos bordos es que la grava o la arena puede provocar filtraciones problemáticas, y también pueden provocar salinidad en las tierras, lo cual se resuelve con membranas plásticas *(Fig.8.15)*.



Fig.8.15

Derramaderos

La consideración más importante al diseñar un buen derramadero en un bordo es que, **no debe tener un flujo de agua mayor a 2.5 m3 por segundo (2,500 litros/segundo), de lo contrario se corre el riesgo de erosión.**

La prioridad en este sentido es el cálculo del flujo para evitar el colapso del bordo entero, ante la (poco común) eventualidad (con porcentaje de ocurrencia de uno en cien) de una creciente extraordinaria de agua, que tenga que ser descargada a través del vertedor debido a que el reservorio esté completamente lleno.

Las variaciones en el ancho de los canales, tanto a la entrada como a la salida del agua, varían de acuerdo a los flujos de volumen disponibles.

En la *Tabla 8.5 Anchos de entrada y salida de Derramaderos*, se aportan algunos cálculos del tamaño del derramadero en función de los caudales y la pendiente de salida (en el retorno al cauce original).

Anchos de Entrada y salida de Derramaderos				
Flujo de inundación (m^3)	Ancho Entrada (m)	Ancho de Salida @ 24% (m)	Ancho de Salida @ 14% (m)	Ancho de Salida @ 4% (m)
3	5.5	20	13	6
4	7.5	27	18	8
5	9.0	34	22	10
6	11	40	27	12
7	12.5	47	31	14
8	14.5	54	35	15
9	16.5	60	40	17
10	18.5	67	45	19
11	20	74	49	22
12	22	80	54	24
13	23.5	87	58	26
14	25.5	94	62	28
15	27.5	100	67	30
En *pendientes de salida* calculadas para *pendientes de retorno* del 24%, 14%, y 4%. Para diferentes pendientes se recomienda solicitar la asesoría de un ingeniero calificado.				

Tabla 8.5

Debido a que el derramadero es el que determina el nivel final del agua en el reservorio, es importante diseñarlo de tal manera que exista un adecuado nivel de Libre Bordo (L.B.) = diferencial de altura entre el nivel máximo del agua y la parte superior del bordo, el cual es el factor de seguridad que toma en cuenta la marea del viento, oleaje del viento, pendiente y características del paramento mojado, factor de seguridad, etc.

Libre Bordo (L.B.)

El diferencial de altura entre el nivel máximo del agua y la parte superior del bordo (Libre Bordo), está en función del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (N.A.M.E.), en el que se mide la distancia que hay entre el bordo y el punto más alejado del nivel del agua, aguas arriba del mismo, a esta medida se le llama "Fetch".

En la siguiente tabla se muestran las distancias Fetch y el correspondiente diferencial de altura que debe tener la parte superior del bordo con relación al N.A.M.E.

Tabla 8.6

Libre Bordo (L.B.) *Diferencial de altura entre el nivel del agua y la parte superior del bordo*		
Fetch (Km)	Libre Bordo (m)	Fetch; Línea del N.A.M.E; Cuerpo de agua; Bordo
<1.6	1.0	
1.6 a 4.0	1.22	
4.0 a 8.0	1.52	
> 8.0	1.83	

Con la altura máxima, se selecciona la sección transversal del bordo. En bordos con un *Fetch* más corto, se puede dejar un *Libre Bordo* de 60cm. Al determinar la medida del *Libre Bordo* hay que considerar un asentamiento del mismo de un 5%, sobre todo si el bordo en sí va a ser utilizado como camino.

Tubo de Rebose

Cuando hay excedencias fluyendo a través de los derramaderos (o rebosaderos), a menudo se utiliza un ***Tubo de Rebose*** para reducir el movimiento del flujo de agua en el nivel interno de inundación. De hecho es un requerimiento, ya que nunca se debe permitir, ni siquiera el más mínimo flujo, pasando por el vertedor

durante varios días, ya que esto puede causar una erosión tal, que eventualmente provoque el flujo de volúmenes mayores. Normalmente se instala un tubo (150-300 mm Ø) de polipropileno de alta densidad (HDPE) justo apenas por debajo del nivel máximo de agua. La entrada y salida de este tubo consiste en: ya sea un registro colado de cemento o de piedra en las paredes terminales, o bien, insertado (y sellado) a un tubo de 1m de Ø volteado hacia arriba en la entrada de agua con el otro extremo (a la salida) recibido en concreto y con un desagüe que permita alejar el agua sin remojar el derramadero *(Fig. 8.16)*.


Fig. 8.16

En cualquier caso, el Tubo de Rebose tiene que contar con:

1. Por lo menos una placa intermedia rodeándolo más o menos a media distancia entre sus extremos, la cual sirve para evitar la fuga de agua que se percola entre la superficie del tubo y la tierra que lo rodea.

2. Una malla protectora a la entrada del agua, que evite que se bloquee con basura, hojas o ramas.

Para facilitar el buen flujo del agua inmediatamente después de su construcción, y al mismo tiempo, impedir que el vertedero se erosione, se debe recubrir con una capa de tierra vegetal y sembrarle algún tipo de pasto rastrero resistente al paso de agua (como el kikuyo, estrella, o cualquier otro que sea de guía apropiado para la región). A la superficie, se le puede dar un terminado más fino pasándole por encima con una camioneta doble rodado o un tractor arrastrando una malla electrosoldada con llantas viejas encima. Esto aporta un excelente terminado para sembrar cualquier semilla y para el rebrote de las existentes. En áreas más cerradas, particularmente en el vertedor, se usa pala y rastrillo para dar un terminado bien detallado, estos esfuerzos extras siempre valen tanto la pena, que termina uno agradeciéndoselo a uno mismo durante años.

Tubo de Salida de Agua

La idea de instalar un *tubo de salida* de agua en la base del talúd de los bordos, para sacar por gravedad el agua desde el fondo, fue muy promovida por *Yeomans*, quien demonstró las enormes ventajas de invertir instalando este tubo al momento de construir los reservorios.

El *tubo de salida* se instala con los siguientes propósitos:

-Abastecimiento de agua de uso, ladera abajo.
-Vaciado del reservorio para reparaciones, localización de fugas y la remoción de limo acumulado.
-Como tubo de succión para el bombeo.
-Para controlar flujos extremos desde las áreas de captación.
-Para controlar incendios ladera abajo.


Fig. 8.17

-Cuando es ambientalmente requerido por las autoridades locales para algún tipo de emergencia (extrema sequía).

La instalación de este tubo requiere de mucha atención durante la fase de construcción de los taludes, sin embargo, sus aplicaciones hacen que valga tanto la pena que, su instalación debería ser considerada siempre que sea posible.

Para impedir movimientos por golpe de ariete, y fugas entre sus paredes y la tierra, es necesario instalar placas de acero de 50cm x 50cm, repartidas y soldadas a lo largo del tubo de desagüe a cada metro o metro y medio. Si las placas son de acero y el tubo de PVC, se parten a la mitad para atornillarse con un empaque entre la placa y el tubo. Si son de PVC se utiliza silicón o pegamento de PVC para pegarlas al tubo.

Es necesario poner silicón entre ambas placas y el tubo antes de atornillar y, posteriormente en la junta. Los tubos pueden ser de polipropileno de alta densidad (HDPE), o de concreto con bridas de hule o de acero galvanizado. La ilustración muestra el corte del talud de un bordo para que se pueda apreciar el tubo (con el fin de lograr una mejor apreciación de su instalación, en la *Imagen 8.18* no se muestran todas las placas que lleva el tubo). Cuando se desea instalar un tubo de salida en un bordo ya construido, se hace un corte transversal (como en la imagen), poniendo cuidado de dejar un ángulo mínimo del 30% para compactar la pared al rellenar de nuevo el corte.


Fig. 8.18

Para su instalación se excava una zanja hecha al mismo tiempo, a la misma profundidad y perpendicular a la zanja hecha para la cimentación del bordo. La zanja se hace paralela en dirección del arroyo a 2 metros de distancia de su centro. El tubo se instala a mano, compactando muy bien la tierra justo debajo de él con una barra, después, con un pisón se compacta la tierra sobre él hasta cubrir la zanja de nuevo.

Se puede usar maquinaria pesada (tractor caterpilar, retroexcavadora) para compactar a los lados del tubo, pero es necesario hacerlo con mucho cuidado para no romperlo ni doblarlo. Se instalan señalizaciones coloridas para indicar dónde está la entrada y la salida del tubo para que no queden perdidas con los movimientos de tierra al construir los taludes.

Para evitar problemas de anegamiento y erosiones, es conveniente fabricar el tubo de desagüe 3 o 4 metros más largo con el fin de sacarlo directamente hasta el Canal de riego, esto por debajo del camino que da acceso a la válvula de control *(Fig. 8.19)*.

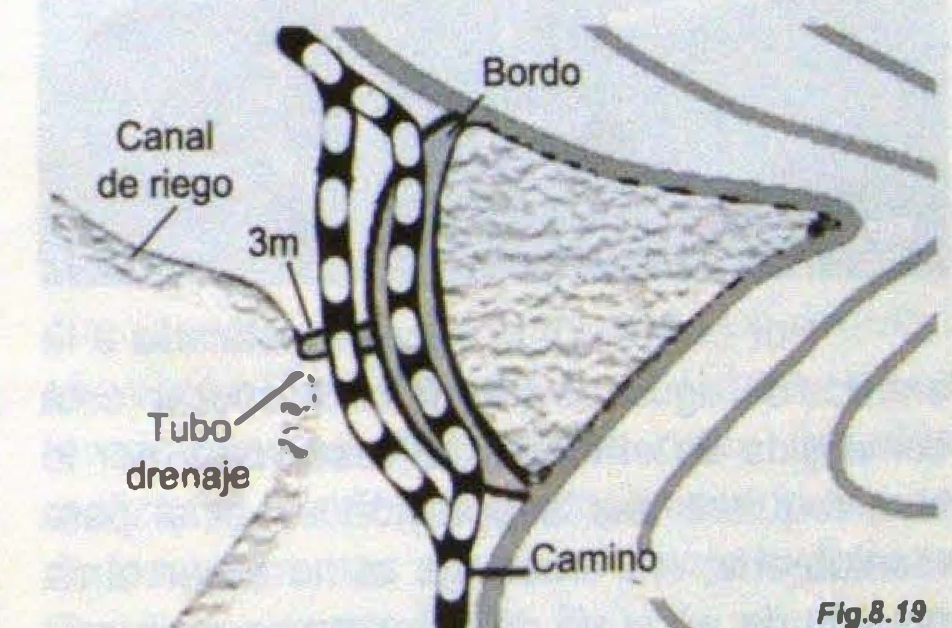


Fig.8.19

Es también necesario instalar y fijar firmemente en los dos extremos de este tubo -tanto a la entrada como a la salida del agua- unos registros de concreto colado, cuya medida dependerá del volumen que se maneje, también se debe colocar una malla protectora a la entrada del agua (la cual puede

ser instalada en un cono que amplíe la entrada del tubo de drenaje) *(Fig.8.20)*. Para evitar que se tape, esta trampa debe estar ubicada a por lo menos medio metro de altura sobre el fondo del bordo.



Fig.8.20

El tubo requiere una válvula para controlar el flujo del agua. Esta válvula puede ser instalada a la entrada o a la salidadel tubo. Ala salida del tubo es más fácil operar, sin embargo, debido a la presión, tiende a dar más problemas a la larga, además no se le puede dar mantenimiento al tubo *(Fig.8.21)*.



Fig.8.21

Por otro lado, la válvula instalada a la entrada del agua, es más difícil de operar (está sumergida en el fondo del reservorio, por lo cual requiere una adaptación especial para maniobrarla, sin embargo, al no tener tanta presión de agua se descompone con menor frecuencia y, en caso de que el tubo tenga problemas, sí se le puede dar mantenimiento.

Tubo Sifón

Otra opción para extraer agua del bordo es a través de un *tubo sifón*. Este sistema funciona con el principio del vacío dentro de la tubería (el mismo principio que opera cuando se le extrae gasolina a un automóvil con una manguera desde el tanque), debido a que el movimiento del agua es accionado por el "jalón" del agua que corre dentro del tubo cuesta abajo, es indispensable que haya un vacío total (ausencia de aire) dentro del tubo. Por lo que (si no se tiene otra opción) se puede implementar este sistema con mangueras para pequeñas cantidades de agua y ciertos usos.

Por otro lado, el sistema del sifón tiene los siguientes inconvenientes:

1. Requiere dos válvulas para su operación.
2. La más mínima fuga de aire provoca la pérdida de presión en el agua.
3. Los volúmenes de agua que maneja son muy pequeños.

Cabe dejar en claro que los ***canales de irrigación*** son aquellos que reciben el agua directamente del ***tubo de salida*** y la conducen a las áreas de irrigación, también pueden captar excesos de agua para infiltrarla en el subsuelo o reconducirla a otros reservorios.

Los canales deben ser diseñados y construidos considerando volúmenes de inundación similares a los considerados en el diseño de los bordos mismos. La forma de estos canales es angosta y profunda. Están ubicados a lo largo de curvas al nivel de la salida del tubo.

Relación de Volúmenes de Movimiento de Tierra y Capacidad de Almacenaje

El aspecto económico más importante de un bordo, es su capacidad de almacenamiento en relación al volumen de tierra que fue movido para construirlo.

La capacidad de almacenamiento se representa por medio de las curvas características que son dos:

1. *Curva área-elevación:* se construye a partir de información topográfica planimetrando el área comprendida entre cada curva de nivel del vaso topográfico, la cual indica la superficie inundada correspondiente a cada elevación.

2. *Curva capacidad-elevación:* se obtiene mediante la integración de la curva área-elevación, la cual indica el volumen almacenado correspondiente a cada elevación.

Para determinar estas curvas, se requiere de información topográfica la cual consiste en un plano topográfico de la cuenca hidrográfica.

Las escalas usuales son 1:50.000, 1:25.000, 1:20.000, 1:10.000, 1:5.000, y 1:1.000, con curvas de nivel entre 1 y 20 m, dependiendo de la magnitud del proyecto y del nivel de precisión requerido.

El incremento de volumen entre dos curvas de nivel consecutivas se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta\forall = \frac{\Delta h}{3}\left(A_i + A_s + \sqrt{A_i * A_s}\right)$$

$\Delta\forall$ = incremento de volumen entre curvas de nivel consecutivas
Δh = diferencia de nivel entre curvas de nivel consecutivas
A_i = área correspondiente a un nivel inferior
A_s = área correspondiente a un nivel superior

A continuación se desarrolla un ejemplo en la *Tabla 8.7. Área y volumen del embalse*, en la que se calcula el incremento del volumen de agua en relación al aumento en el área del embalse.

Area y volumen de embalse					
Elevación (msnm)	Área (Ha)	Área (m²)	Δh (m)	ΔV (Mm³)	V (Mm³)
1158	0.0	0			0
1160	3.5	35,000	2	0.02	0.02
1162	12.5	125,000	2	0.15	0.17
1164	23.0	230,000	2	0.35	0.52
1166	36.0	360,000	2	0.59	1.11
1168	65.5	655,000	2	1.00	2.11
1170	93.0	930,000	2	1.58	3.69
1172	121.5	1,215,000	2	2.14	5.83
1174	167.8	1,678,000	2	2.88	8.71
1176	190.4	1,904,000	2	3.58	12.29
1178	240.8	2,408,000	2	4.30	16.59
1180	365.3	3,653,000	2	6.02	22.61

Msnm: metros sobre le nivel del mar
Ha: hectareas
Mm3: milones de metros cubicos

Tabla 8.7

El mayor gasto en la construcción de un bordo es en el movimiento de la tierra. Cualquier factor que reduzca el total de tierra movida al formar los taludes representará un ahorro. Para lograr la optimización de los recursos económicos, una parte muy significativa del proceso de diseño es el cálculo de los volúmenes de movimiento de tierra en relación a la capacidad de almacenaje.

El volumen final va a depender de la altura del bordo, del perfil de la vertiente y del área de almacenaje del reservorio *aguas arriba* del bordo.

El método más preciso para estimar los volúmenes de movimiento de tierra y almacenaje, es contar con un equipo electrónico de alta calidad para levantamientos topográficos para, después realizar el diseño del bordo utilizando alguno de los programas apropiados para Ingeniería Civil (por ejemplo CAD). De esta manera, se puede "construir" el bordo en la pantalla, ver cuánto va a costar y si tiene una tasa de almacenaje eficiente o no.

Sin embargo, para el cálculo de volumen de tierra y volumen de almacenaje de formas regulares se pueden utilizar las fórmulas clásicas.

La obra muerta es la altura del bordo que sobrepasa el nivel normal de agua en el reservorio. Esta debe ser como mínimo 20 cm en estanques pequeños, y alcanzará más de un metro en lagos artificiales grandes (50 a 100 hectáreas de extensión).

Anatomia de un bordo en sección

Para calcular el área seccional de un bordo *(Fig.8.22)*, la fórmula es:

A (área en m²) = (AB + CD)/2 (h)



Fig.8.22

Para estimar el volumen de relleno para formar un bordo *(Fig.8.23)*, se multiplica el largo del relleno por el área seccional del bordo. Donde *F=Fetch, H=altura del bordo y L=Ancho del bordo.*

Volumen derelleno = (Área Seccional) x largo = m³ de relleno

Se recomienda agregar un 10% adicional al cálculo del relleno por el efecto de la compactación del suelo al formar los diques.

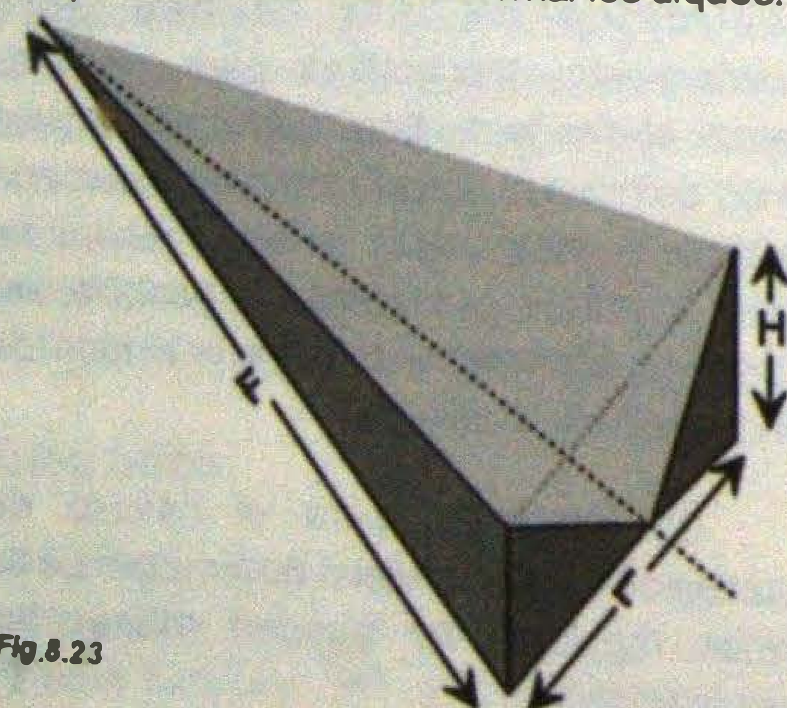


Fig.8.23

El volumen de agua dentro del reservorio se puede calcular de manera sencilla (aunque con muy poca precisión) utilizando la fórmula:

V_{agua} *= (L x F)/2 x H/2 = Volumen agua m³*

Otro método un poco más preciso para calcular volúmenes de taludes es el *Método de Cortes Horizontales.* Esto requiere de un plano de la pared del bordo dibujada en un plano topográfico del sitio. Para mayor precisión, se puede dividir el bordo y el almacenaje en series de cortes de 0.5m, luego con la ayuda del **Planímetro** calcular el volumen de cada corte, el volumen total es la suma de todos los cortes.

También se puede usar papel cuadriculado transparente pero el resultado nces tan exacto.

Finalmente, para decidir si el volumen de movimiento de tierra justifica el agua almacenada (o saber que tan económico es el bordo que escogimos), se determina la tasa de agua almacenada en comparación con el volumen total del bordo, a este factor se le llama la *Tasa de Almacenaje.*

A continuación y para ilustrar estos cálculos se presenta un caso en el que las:

Dimensiones del Talud del Bordo:
Volumen del Talud *(V) = 350m³*

Dimensiones del Reservorio de Agua:
Volumen de almacenaje de agua
(V) = 1,200m³ (1.2Ml)

Total de volúmenes = 350 + 1200 = 1,550 m³

A partir de este total de volúmenes podemos hacer un regla de proporción para determinar la *Tasa de Almacenaje.*

Tasa de Almacenaje (Ta). Esta tasa se obtiene al dividir el volumen total entre el volumen del talud. A partir de los datos de nuestro ejemplo: *Ta=1,550/350 = 4.42* La siguiente *Tabla (8.8)* nos muestra la Costeabilidad de la Tasa de Almacenaje. En nuestro ejemplo la *Ta* es de 4.42 (clasificación moderada), lo que indica que sí es costeable construirlo.

Costeabilidad de la Tasa de Almacenaje de Bordos	
Tasa de Almacenaje	***Clasificación***
<2	Pobre
2-4	Moderada
4-6	Buena
>8	Muy alta

Tabla 8.8

Azolve

Con el tiempo, tierra, materia orgánica y otras partículas son arrastradas al interior del reservorio, disminuyendo con esto su capacidad de almacenar agua, para calcular con precisión la tasa de almacenaje y poder localizar la cota a la que debe ubicarse el tubo de salida, es necesario tomar en cuenta el volumen de azolve que va a recibir el bordo:

Determinación del volumen de azolve

Volumen de azolve = Ve
$Ve = Ce\,p_m A_c$

Donde:
Ve = volumen escurrido (en m³)
Ce = coeficiente de escurrimiento = 0.1 a 0.25 (dependiendo de la densidad de vegetación, tamaño, pendientes, permeabilidad, etc.)
p_m = Precipitación media anual, (en mms) en la cuenca del bordo.
Ac = área de la cuenca, (en m²)

Lista de Prioridades en el Diseño de Bordos

1. Hacer el Diseño Permacultural y Keyline utilizando planos topográficos para desarrollar un diagnóstico integral y un enfoque de diseño planeado para evaluar las necesidades reales de almacenamiento de agua, la Captación disponible y los sitios posibles de emplazamiento de los bordos en el terreno.

2. ¿Por qué necesito un bordo? ¿Es la opción más apropiada de almacenaje?

3. Requerimientos legales de Planeación y Construcción. Contactar a las autoridades locales, ingenieros locales especializados,etc.

4. Clasificación de suelos. Tomar muestras del suelo. Lo mejor es contratar un Ingeniero Geotécnico para garantizar la seguridad y los mejores resultados.

5. Diseño del Bordo. Utilizar el análisis de Clima/Suelo/Captación/Análisis del Sitio para evaluar las mejores opciones. De nuevo, aquí se recomienda la asesoría de profesionales si no se tiene experiencia.

6. Volúmenes de Movimiento de Tierras y Almacenaje de Agua. Calcular para evaluar la Tasa de Costeabilidad.

7. Tubos de salida. ¿Realmente se necesitan?, ¿el costo garantiza la instalación?

8. Contactar a contratistas locales de maquinaria pesada: ¿Cuál es su experiencia?, confirmar referencias y ejemplos de su trabajo. Pregunta cuánto cobran por hora y por metro cúbico. ¿Qué tanta tierra pueden mover por hora? Asegúrate de tener buenos precios y calidad garantizada.

9. Construcción. Sigue una agenda de construcción, marca metas y revisa constantemente tus finanzas personales.

Construcción de Bordos Pequeños

1. Identifica su ubicación en un mapa con curvas de nivel y en el terreno *(Fig.8.24)*.

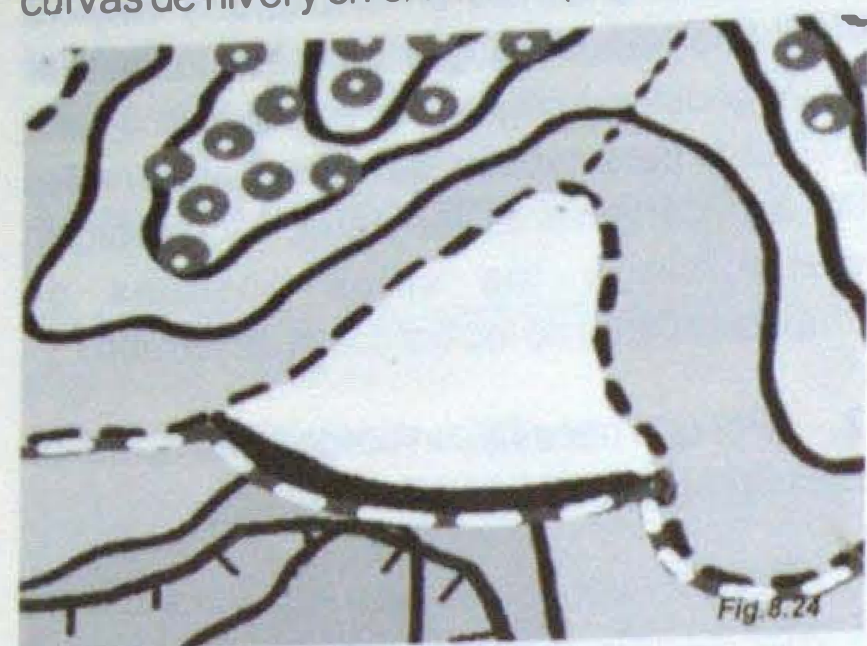


Fig.8.24

2. Verifica la calidad de la arcilla en el lugar elegido *(Fig.8.25)*.



Fig.8.25

3. Calcula su capacidad en relación al volumen de tierra que va a ser removida.
4. Marca el espejo de agua, longitud, el ancho y la altura de la pared *(Fig.8.26)*.



Fig.8.26

5. Contrata a un operador de Buldózer con amplia experiencia.
6. Retira la vegetación del lugar a inundar, preservando el área de rebosadero *(Fig.8.27)*.

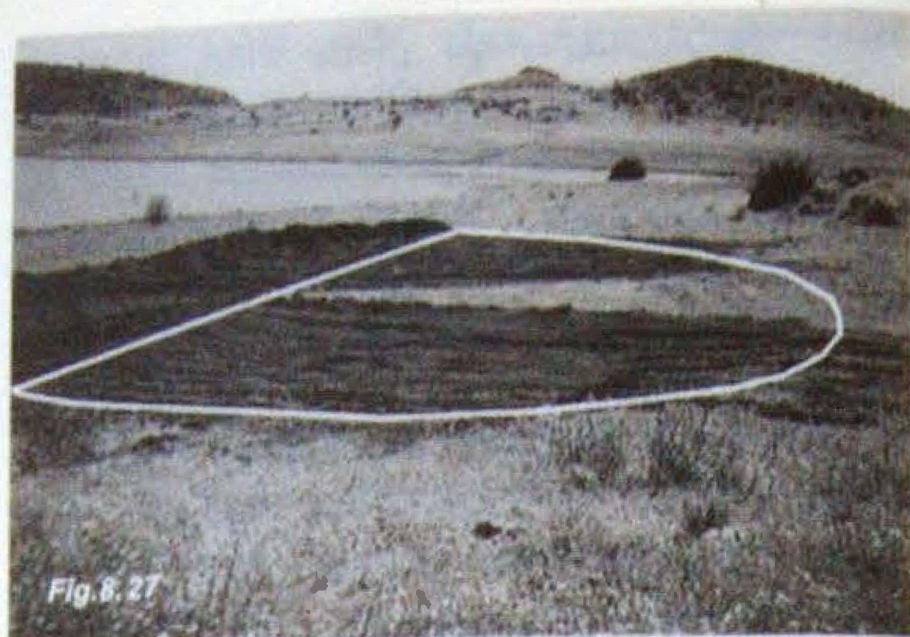


Fig.8.27

7. Aparta la capa de tierra vegetal a los cuatro lados.
8. Excava una zanja por lo menos 60 cms de profundidad por 2.50 cms de ancho a todo lo largo del futuro talud para "*amarrarlo*" con el suelo.
9. Si se va a instalar un tubo de desagüe, abre una zanja perpendicular a la anterior, a la misma profundidad; que vaya desde 3 m antes del punto marcado como el inicio del talud interno, hasta cruzar al otro lado pasando 5 m más allá del talud externo del bordo.
10. Instala el tubo con sus respectivas bridas y placas de amarre *(Fig.8.28)*, cubre los extremos y compacta bien la tierra bajo el mismo (con barra), marca su posición con tambos para que el tractor no los pise mientras construye los taludes.

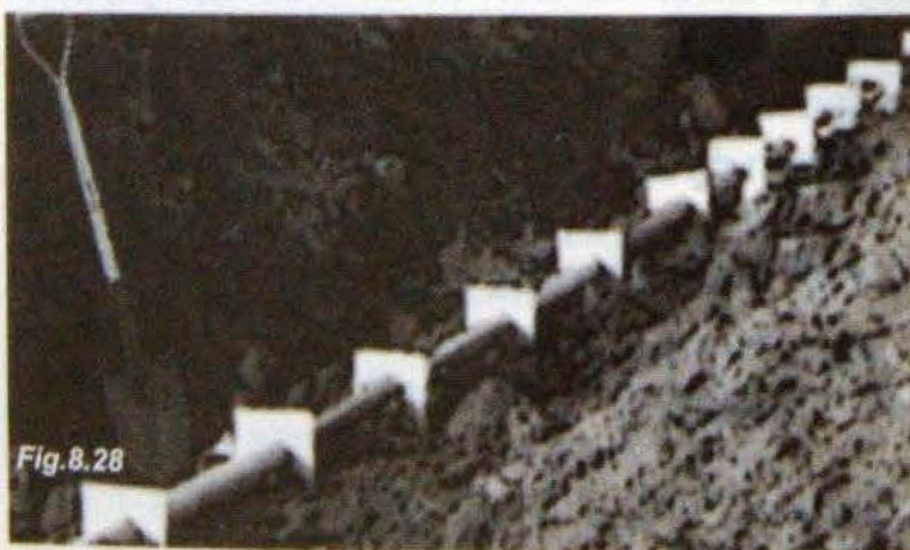


Fig.8.28

11. Rellena las zanjas con el mejor barro que encontraste, tendiendo capas de 20 cms máximo y compactándolas con 8 pasadas de compactadora (con pata de cabra) o con un tractor pesado, el barro debe de estar tan húmedo como plastilina.

12. Construye la pared con una angulo de 1:2 al lado seco y 1:3 al lado del agua *(Fig.8.29)*.



Fig.8.29

13. Cubre la cima y ambos taludes con la tierra vegetal que apartaste al inicio.
14. Revisa los niveles y la forma de la pared *(Fig.8.30)*.



Fig.8.30

15. Corta el rebosadero alrededor de un lado de la pared (50 cm a 1 mts de profundidad) dejándolo suficientemente ancho (ver criterios) y con inclinación encontrada hacia el monte *(Fig.8.31)*.



Fig.8.31

16. Instala el tubo de rebose y compacta bien la tierra a su alrededor *(Fig.8.32)*.

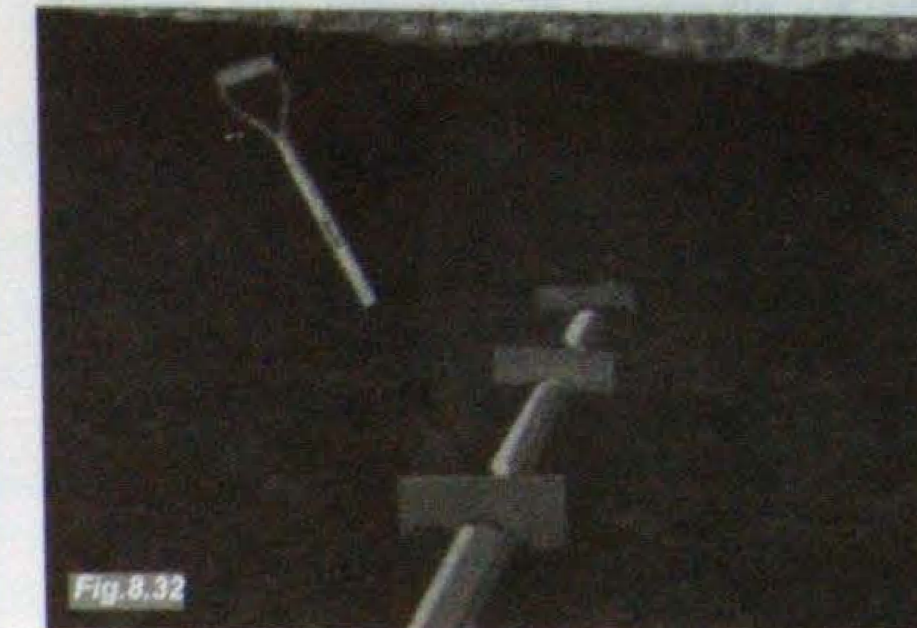


Fig.8.32

17. Coloca piedras justo en la unión del rebosadero y la pared así como del lado de salida del mismo.
18. Siembra pasto estrella o kikuyo para estabilizar la pared y que no se erosione.
19. Siembra arbustos al lado de los vientos dominantes.
21. Limpia el tubo y coloca la válvula drenaje *(Fig.8.33)*.



Fig.8.33

22. Recúbrelo de nuevo con la tierra vegetal que apartaste y está listo *(Fig.8.34)*.



Fig.8.34

23. Riega el pasto y fertilízalo para que cubra rápido la pared.
24. No siembres ni permitas que crezcan árboles grandes en la pared de tu bordo.

Fugas

Si hay fugas importantes, es necesario vaciar el bordo antes de intentar repararlas, a continuación se describen algunos remedios para resolverlas:

Recubrimiento vegetal (barato)

- Vacía el bordo.
- Limpia el fondo de piedras, varas y limo (úsalo en tu hortaliza).
- Siembra densamente plantas gramineas y leguminosas hasta cubrir totalmente la superficie. Permite que crezcan.
- Circula el perímetro para meter ganado.
- Instala un abrevadero dentro del bordo.
- Mete el mayor numero posible de reses para que pisoteen lo sembrado junto con sus propios orines y estiércol. Asegúrate de mover el ganado por todo el interior dei bordo.
- Una vez que se acabaron lo verde (1-2 días), dales alimento distribuyéndoselos por todas partes dentro del bordo (para que continúen pisoteando y compactando la mezcla de estiércol y materia orgánica).
- Saca el ganado y rellena el reservorio desde algún otro depósito de agua.

Recubrimiento con Bentonita (también se puede usar yeso o cal)

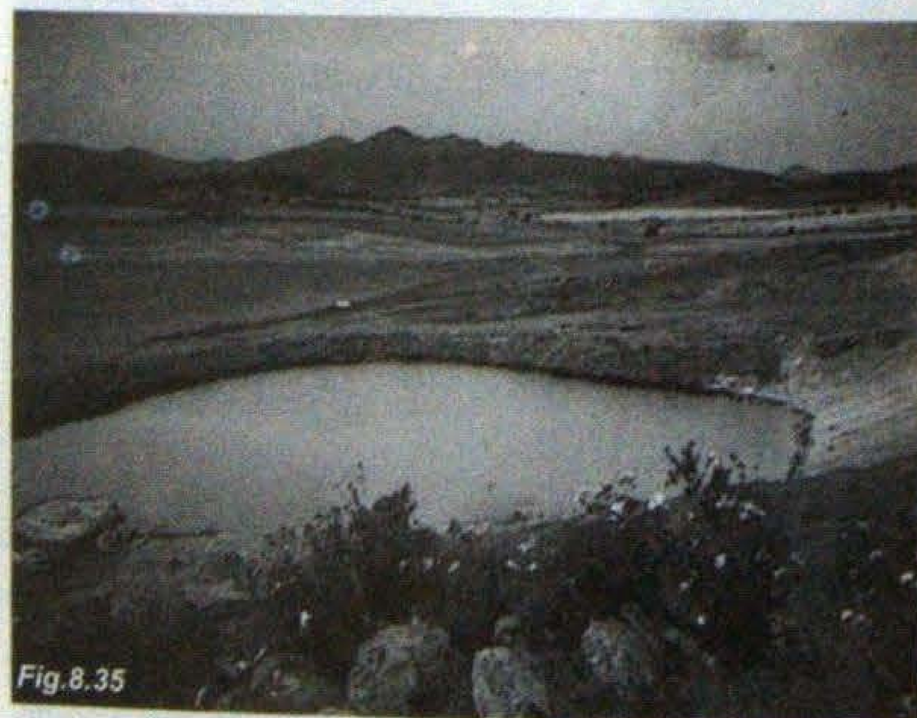
- Vacía el bordo y espera a que se seque.
- Aparta la capa vegetal.
- En el piso de fondo, abre un pequeño pozo dentro del bordo (3m x 3m x 50cm)
- Esparce bien dos sacos de bentonita en el pozo, integrándola perfectamente (50 cm) a la capa de barro que recubre el bordo.
- Llena de agua el pozo y observa si se mantiene (por lo menos 24 hrs).
- Si el agua se infiltró, repite la operación añadiendo otros 2 sacos de bentonita y vuelve a llenar de agua, si no mantiene el agua, repite la operación.
- Si el agua se mantiene, calcula la superficie del área que cubre el suelo del reservorio, divídela entre 10 y multiplica este número por la cantidad de sacos que invertiste en el pozo, lo que resulte es la cantidad de sacos de Bentonita que vas a necesitar.
- Si te es rentable, cómpralos y recubre bien toda la superficie, revolviendo e incorporando la Bentonita por lo menos 50 cm dentro del suelo y paredes de todo el interior del reservorio.

Recubrimiento con Barro

El recubrimiento con barro lleva el mismo procedimiento que la Bentonita.

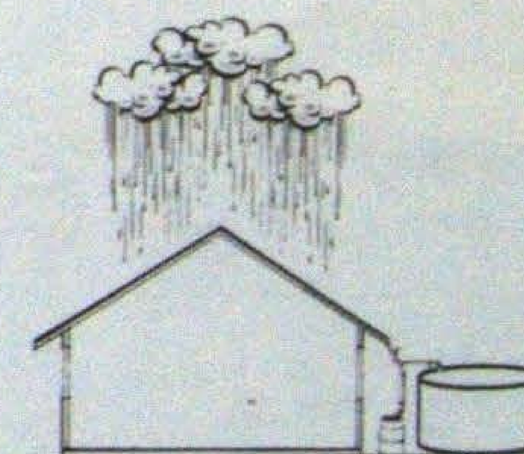
Compactación

La compactación se realiza con máquina de rodillos o con "pata de cabra". A pequeña escala se puede compactar con compactadora manual.



Bordo bien terminado
y lleno de agua de lluvia
¡Disfrútalo!

Capítulo IX
Captando Agua Potable



Nadie sabe lo que tiene hasta que lo pierde

CAPÍTULO NUEVE
Captando Agua Potable

El manejo de agua de lluvia a pequeña escala

El agua dulce es un recurso fundamental para nuestra existencia y para el cual no existe sustituto. Es el principal e imprescindible componente del cuerpo humano, no podemos pasar más de cinco o seis días sin beberla y sin poner en peligro nuestra vida.

La sustentabilidad entera del planeta depende del agua y sin embargo, únicamente el 2.5% de toda el agua es dulce, de la que sólo 7 de cada 1,000 litros está disponible, el resto se encuentra congelada en los polos. El agua dulce que está a nuestra disposición se encuentra almacenada en los mantos freáticos más someros, y por otro lado más directamente en la atmósfera, la cual representa el 10% de los recursos hídricos del planeta. Como hemos visto en Permacultura, el manejo del agua es el eje central alrededor del cual se desarrolla todo diseño Agroecológico y emplazamiento humano que busca establecerse más allá de la sustentabilidad. En este capitulo se desarrolla el tema del Agua Potable, necesaria para beber, bañarse, lavar trastes y ropa.


Fig.9.1

Agua de lluvia

El agua de lluvia es una de las fuentes de abastecimiento más confiables que existen, siempre y cuando se esté fuera de ciudades contaminadas *(Fig.9.1)*.

Es un agua limpia, con bajo contenido de sales, de bajo costo y no contaminada que se puede captar y almacenar con facilidad sin depender de la red municipal.

A pesar de que no se dispone de lluvia en todo momento, de que el agua captada se puede contaminar con polvos, excretas de aves y otros animales, así como por materia orgánica (hojas de árboles), y que las cistemas o tanques de almacenamiento son un poco costosos (haciendo que la capacidad de almacenaje pueda verse limitada por la disponibilidad de recursos económicos), hay que tener en cuenta que estos inconvenientes pueden ser fácilmente resueltos con un buen diseño de aprovechamiento de agua de lluvia, que la conserve potable durante el tiempo que sea necesario. A continuación se describen las técnicas para implementar el manejo de agua potable a pequeña escala.

El manejo del agua de lluvia consta de cinco pasos: Captación, Conducción-Intercepción, Almacenamiento, Uso y Tratamiento *(Fig.9.2)*.

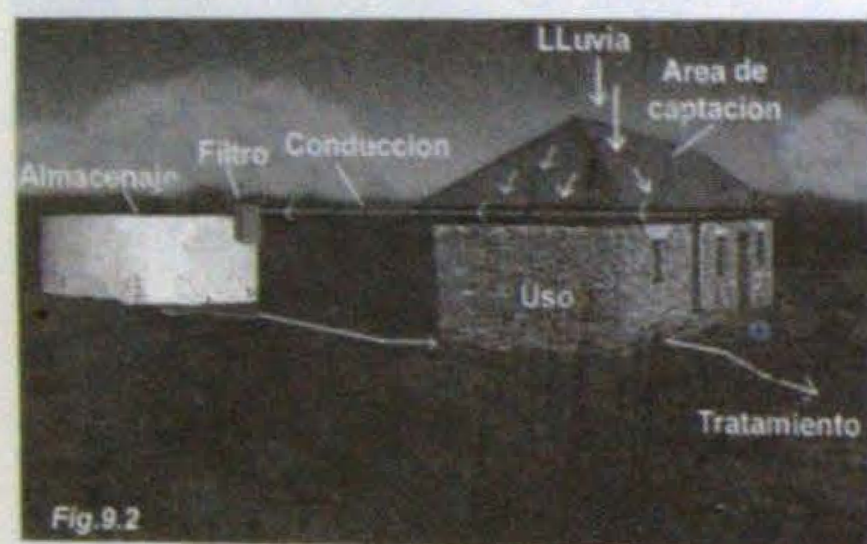


Fig.9.2

Captación

Captar la lluvia es el primer paso en el manejo y aprovechamiento de este recurso. Esta agua tiene la gran ventaja de llegar limpia (destilada) desde arriba, con un diferencial de altura que permite aprovechar también su energía en forma de gravedad.

El aspecto más importante de las áreas de captación es que el agua no debe entrar en contacto con la tierra, por lo tanto, solamente se utilizan los techos de cualquier estructura (casa, bodega, cochera, etc).

Por orden de efectividad y recomendación, el material de los techos pueden ser de: lámina galvanizada, fibrocemento, losa de concreto y tejas. De estos materiales, el más recomendado es la lámina galvanizada, debido a su impermeabilidad y efecto esterilizante con los rayos del sol. Las pérdidas por infiltraciones y evaporación en el techo varían según el material. Un extremo sería los techos de barro o paja, los cuales retienen mucha agua, al contrario de lámina, la cual no absorbe agua.

Recolección y Conducción

La tarea de recolectar y conducir las aguas desde los techos hacia el tanque, se puede realizar con canaletas adosadas a las orillas del techo (o con una extensión del techo mismo) para después conectarse a tubos o bajantes que conducen el agua al interior de los tanques o cistemas. El material de las canaletas puede ser de: lámina galvanizada, tubo pvc de 4", o de bambú gigante cortado a lo largo *(Fig.9.3)*.


Fig.9.3

Lo más importante es que estén firmemente sujetas al techo para que no caigan con el peso del agua durante las lluvias. Las dimensiones de las canaletas están en función del tamaño del techo y la cantidad de agua que llueve (precipitación pluvial).

Sin embargo, en términos generales, una canaleta de 6" de diámetro (o una canaleta cuadrada de 20 cm) ambas con el 1% de pendiente, es suficiente para recolectar el agua de un techo de 60 mts^2 *(Fig.9.4)*.



Fig.9.4

Rejilla en canaleta

Es importante dejar un mínimo espacio entre canaleta y techo, apenas suficiente para que entre el agua pero no la basura. Para impedir el paso de hojas, animalitos muertos y demás, primero se coloca sobre la canaleta una malla fina (en negro) y sobre ésta, una rejilla para protegerla, la cual queda por encima de la canaleta *(Fig.9.5)*.



Fig.9.5

Interceptor y Filtro

El agua que entra a las cistemas o tanques debe estar completamente libre de materia orgánica, polvo y basura, para asegurarse de que así sea, se debe instalar un dispositivo que intercepte y desvie todo esto fuera del tanque.

Existen varios modelos sencillos para lograr este objetivo:

1. Filtro de gravedad, malla y gravilla. Este modelo consta de tres etapas de filtración, la primera se realiza con una "T" conectada al tubo de bajada (justo a la salida de la canaleta), que conduce el agua en caída libre directamente a una extensión. En su extremo inferior se coloca una reducción con tapa roscada de 4" a 2", la cual tiene un orificio de 5 mm que drena automáticamente el agua sucia de la extensión *(Fig.9.6)*.

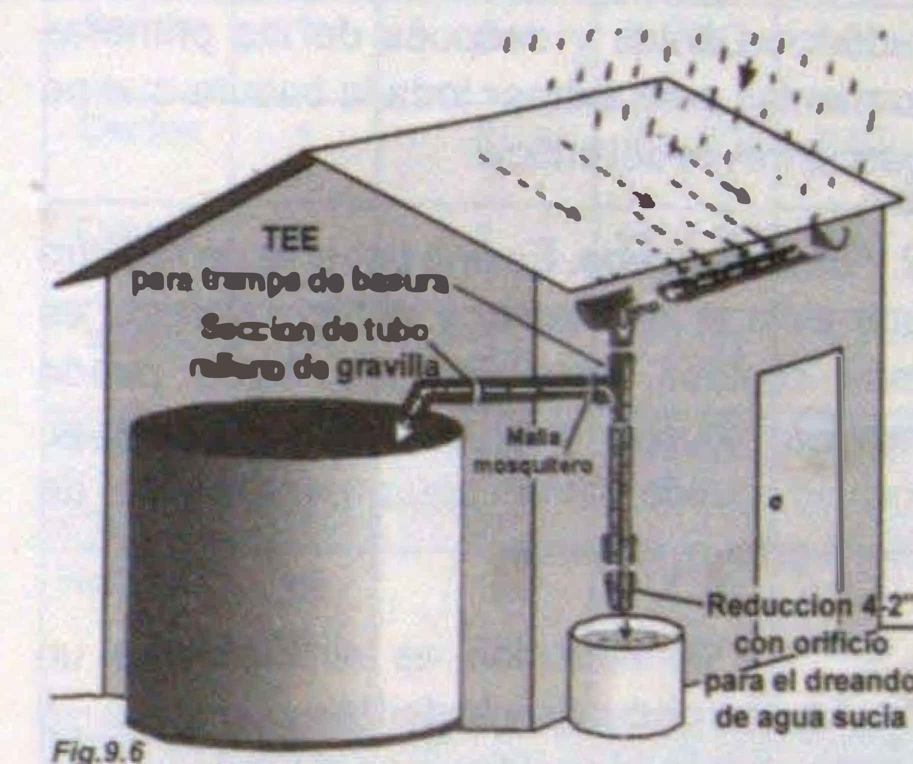


Fig.9.6

Durante cada tormenta, las primeras aguas bajan directamente a la extensión arrastrando consigo toda la basura y el polvo; conforme sigue lloviendo, el nivel del agua asciende por la extensión hasta alcanzar la altura de la "T", por la que empieza a fluir hacia el tanque habiendo pasado por una segunda trampa (malla mosquitera de aluminio) instalada entre la "T" y el tubo que va a la cistema.

Se puede hacer un tercer filtrado, rellenando (con piedras de río de 4-5 cms) una parte del tubo horizontal que lleva el agua prefiltrada al tanque, en este caso seria necesario aumentar el diámetro de esta sección a 6" ó 8" *(Fig.9.7)*.

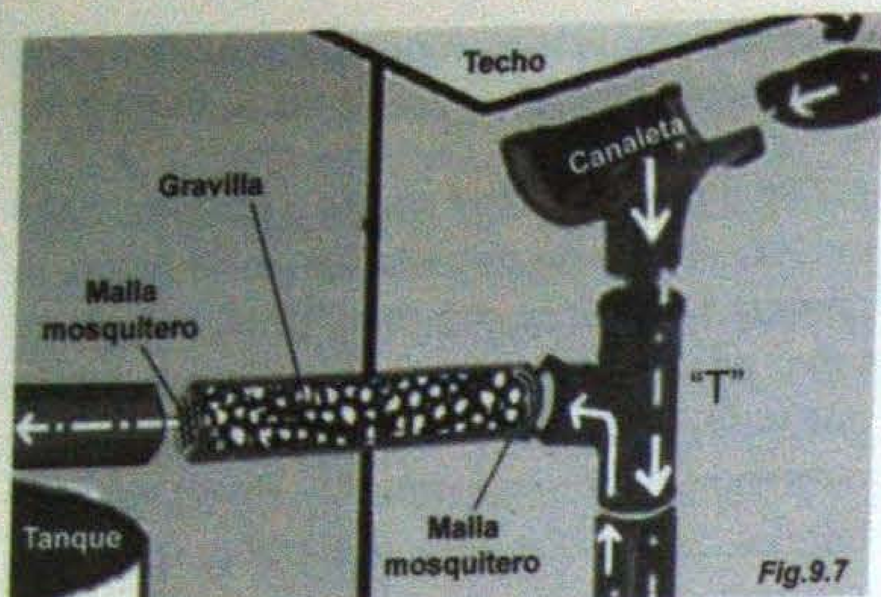


Fig.9.7

El mantenimiento consiste en sacar y lavar la gravilla cada año, y desenroscar la reducción antes y después de las primeras tormentas para extraer toda la basura que no paso a través del orificio.

2. Filtro de Arena. Es una especie de registro que aloja el interceptor y el filtro. Aunque es más costoso, este tipo de filtros puede manejar mucho más volúmenes de agua, incluso puede filtrar agua proveniente de algún arroyo cercano.

Su construcción es simplemente un cajón hecho de ladrillos, piedra o ferrocemento, el cual tiene en el fondo un tubo de pvc de 2" con ramificaciones ranuradas para permitir que pase el agua a su interior.

Se encuentra cubierto de una capa de grava de 25 cm de altura grava (de preferencia de piedras redondas de río de 4-6 cm de diámetro) la cual a su vez tiene una malla mosquitero (de plástico), que la separa de una cama de arena de 60 cm de altura. El agua entra por arriba inundando la arena, y para poder salir de ahí tiene que bajar pasando a través de la arena, la malla y la grava. De ahí entra a un registro donde se puede regular la altura de rebose con un codo que puede girar.

3. Filtro con carbón activado. Idealmente, toda agua que pasa por los interceptores debería ser filtrada a través de un filtro de arena y carbón activado, para eliminar partículas de materia orgánica y bacterias. El filtro se coloca justo al lado del tanque y el agua pasa a través de él antes de entrar.

Almacenamiento

El almacenaje de agua es, por mucho, el elemento más costoso del *Sistema de Captación* de agua de lluvia. Su capacidad debe ser suficiente para abastecer el consumo diario de la familia, durante todo el año y sobre todo en la época de sequía. El consumo puede variar entre los 25 lts/día y 150 lts/día.

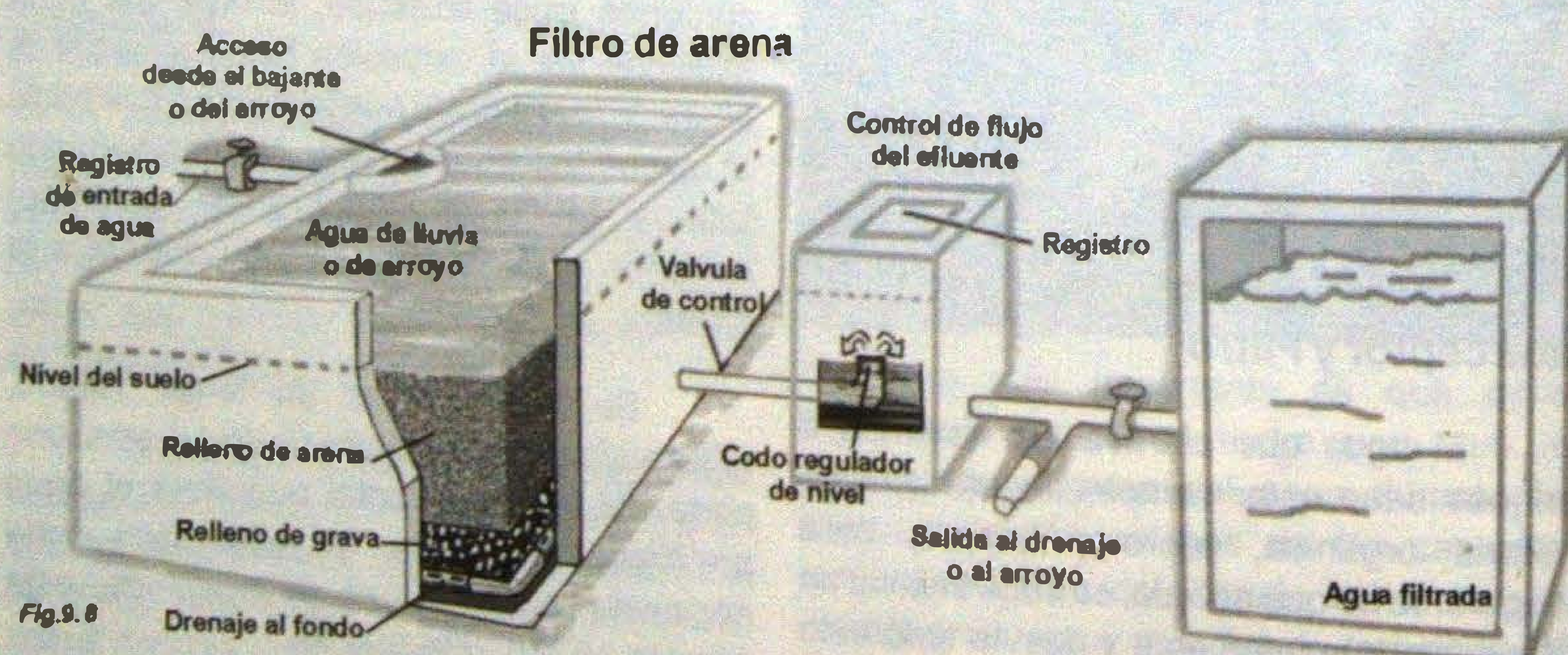


Fig.9.8

Consideraciones para el Diseño del Sistema de Captación de agua de lluvia

Las consideraciones más importantes a tomar cuando se planea un sistema de este tipo son:

1. La precipitación pluvial de la región (cantidad, frecuencia y distribución).
2. Área de captación.
3. Demanda (cantidad de agua requerida).
4. Capacidad de almacenamiento.
5. Costo de materiales y mano de obra.

Requerimiento de agua

Todo empieza con la cantidad de litros necesarios para abastecer las necesidades diarias en la casa y las estructuras conectadas a ella. Para esto es necesario tomar en cuenta el número de personas y multiplicarlo por el número de litros que en promedio consumen (puede ser cualquier cosa entre 25 y 50 litros en el caso de una familia que tenga mentalidad ahorradora). A esta cantidad se le suma el consumo multiplicado por el número de animales:

Perros	6	lt/día/animal.
Gallinas	.3	lt/día/animal.
Pavos	.5	lt/dís/animal.
Cabra	11	lt/día/animal.
Cerdo	6-8	lt/día/animal.
Vaca	60	lt/día/animal).
Hortaliza*	100	lt/m2.

*Siempre es deseable añadir la cantidad de litros necesarios para regar un pequeño huerto familiar a razón de 100 lts/m². A continuación se desarrolla un pequeño ejemplo de consumo familiar, en la primera columna de la *Tabla 9.1* se anotan los usuarios del agua, en la segunda la cantidad de usuarios, en la tercera sus necesidades diarias, en la cuarta el total de litros por día de cada usuario multiplicado por el número de usuarios, y en la última columna, se anota el requerimiento mensual, y abajo aparece la suma de los totales, por lo tanto, en este ejemplo, la familia requiere 8,000 litros mensuales o lo que es lo mismo, 96,000 lts/año.

Tabla de Cálculo de Consumo Total de agua por mes en una pequeña granja

Usuario	*Cantidad*	*Necesidad diaria lts*	*Subtotal /día*	*Total /mes*
Persona	4	30	120 x 30	3,600
Gallinas	10	3	30 x 30	900
Pavos	1	5	5 x 30	150
Perros	1	6	6 x 30	180
Cerdos	1	8	8 x 30	240
Cabras	1	1	11 x 30	330
Vacas	0	0	0 x 30	0
Subtotal			180x 30	5,400
Hortaliza	26 mts2		100lts /mes	2,600 /mes
Total mensual				**8,000 litros**
TOTAL ANUAL				**96.000 litros**

Tabla 9.1

Volumen de Captación

La cantidad de agua captada está en función de la cantidad de litros que caen por metro cuadrado (precipitación pluvial) multiplicada x los metros cuadrados de techos disponibles para este efecto. Una forma económica de aumentar el área de captación es montar una lona temporal que haga las veces de techo. La precipitación pluvial se expresa en milímetros, un litro de agua derramado sobre un metro cuadrado forma una lámina de agua de 1 milímetro de altura. Si por ejemplo; el promedio anual en una región dada es de 700 mm, significa que caen 700 litros de agua por metro cuadrado de techo.

Los datos de la precipitación anual se pueden obtener de los Servicios Meteorológicos de la región.

Captación, Recolección y Coeficiente de escurrimiento

Como se mencionó anteriormente, al recolectar el agua captada, existen pérdidas por escurrimientos, infiltraciones y evaporación, para calcular la recolección real anual es importante tomar en cuenta estos factores pues llegan a mermar la cantidad de agua captada hasta en un 20%.

Ejemplo: se tiene un techo de dos aguas con 60 metros por cada lado, por lo que su área de captación es de 120 m^2. Considerando un coeficiente de escurrimiento del 0.80, la recolección real anual sería = 700mm x 120m^2 x 0.80 = 67,200 lts (67.2 m3) cantidad que comparada con el requerimiento total anual del ejemplo, indicaría que este techo capta apenas suficiente agua para abastecer las necesidades básicas de la familia durante 8.4 meses (resultado de dividir la *Captación real* anual 67,200 lts / entre el requerimiento mensual 8,000 lts = 8.4 meses).

Esto nos indica que, si se desea cubrir totalmente el requerimiento de la familia, es necesario aumentar el *Área de Captación*, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

Área de Captación = Vr /P(Ce)

donde el:

Volumen anual requerido = 96,320lts
Precipitación anual = 700mm
Coeficiente de escurrimiento Ce = 0.8

Área de Captación necesaria = 172m^2
(96,320/700x0.8 = 172 m^2)

Por lo tanto, se requiere incrementar el área de techos de 120 a 172 m2, con los cuales sí se captaría la cantidad de agua suficiente para abastecer a esta familia durante todo el año. Un truco para aumentar el área de captación sin mucho gasto, es montar al lado de los tanques, una lona del tamaño requerido apoyada en cuatro palos, que le dan cierta inclinación y facilitan así la salida del agua hacia el tubo recolector.

Almacenaje

Para calcular el tamaño del tanque de almacenamiento o cisterna, se lleva a cabo un procedimiento sencillo el cual nos muestra el volumen de agua requerido por mes en función del volumen aportado por las lluvias y recolectado de las áreas de captación. Lo primero es elaborar una tabla que muestra 4 columnas *(Tabla 9.2)*:

Tabla 9.2 **Ejemplo de Cálculo para tamaño de Tanque de Almacenaje**

1	2	3	4
Meses	Precipitación mensual (mms)	Volumen de Captación (m3) = Precipitación x 172 m2 (Área de Captación) /1,000	Volumen de Recolección real (m3) = Volumen de Captación x 0.8 Coeficiente de escurrimiento (valores redondeados)
Enero	0	0	0
Feb	0	0	0
Marzo	0	0	0
Abril	0	0	0
Mayo	30	5.16	4.1
Junio	80	13.76	11
Julio	120	20.64	16.5
Ago	170	29.24	23.4
Sept	150	25.8	20.6
Oct	100	17.2	13.8
Nov	50	8.6	6.9
Dic	0	0	0
Total	700 mms	120.4 m3	96.4 m3

En la columna 1 están los meses del año.

En la columna 2 se anotaron los valores de Precipitación de la región donde habita la familia de nuestro ejemplo.

En la columna 3 se anota el Volumen de Captación en m3 (obtenido al multiplicar la Precipitación mensual x el Área de Captación necesaria; que en este caso serían 172 m2 y divididos /1,000 para obtener los m3.

En la columna 4 se anota el Volumen de Recolección real mensual (obtenido al multiplicar la Precipitación mensual x el Coeficiente de escurrimientos y Pérdidas.).

A continuación se añaden 3 columnas más a la *Tabla 9.3*, en las que:

En la columna 5, se anota el volumen mensual requerido.

Tabla 9.3 **Ejemplo de Tabla de Cálculo para tamaño de Tanque de Almacenaje**

1	2	3	4	5	6	7
Meses	Precipitación mensual (mms)	Volumen de Captación (m3) = Precipitación x 172 m2 (Área de Captación)/ 1,000	Volumen de Recolección real (m3) = Volumen de Captación x 0.8 Coeficiente de escurrimiento (valores redondeados)	Volumen requerido Mensual (m3)	Diferencia (m3) entre Volumen requerido y volumen recolectado	Diferencia Acumulada (m/mes3)
Enero	0	0	0	8	-8	-8
Feb	0	0	0	8	-8	-16
Marzo	0	0	0	8	-8	-24
Abril	0	0	0	8	-8	-32
Mayo	30	5.16	4.1	8	-3.9	**-35.9**
Junio	80	13.76	11	8	3	-32.9
Julio	120	20.64	16.5	8	8.5	-24.4
Ago	170	29.24	23.4	8	15.4	-9
Sept	150	25.8	20.6	8	12.6	3.6
Oct	100	17.2	13.8	8	5.8	**9.4**
Nov	50	8.6	6.9	8	-1.1	8.3
Dic	0	0	0	8	-8	0.3
Totales	700 mms	120.4 m3	96.4 m3	96 m3		

En la columna 6, se anota la diferencia entre el volumen requerido y el volumen de recolección real (suma de columnas 4 y 5).

En la columna 7, se anotan los valores de consumos acumulados, es decir, en el mes de febrero se considera el volumen de agua del mes de enero, más lo consumido en el propio mes y así sucesivamente (en este caso es negativo por la falta de lluvia).

En esta misma Columna 7 se observa que el *Consumo Máximo Acumulado* se da en el mes de mayo, con un total de 35.9 m3 (en negativo) por ser temporada de sequía, y otro *Volumen máximo* (en positivo) por los excedentes en la temporada de lluvia (en octubre) de 9.4 metros cúbicos.

Al sumar ambos valores, se obtiene el *Volumen Requerido del Tanque de Almacenamiento* = (35.9 + 9.4 = 45.3 m3).

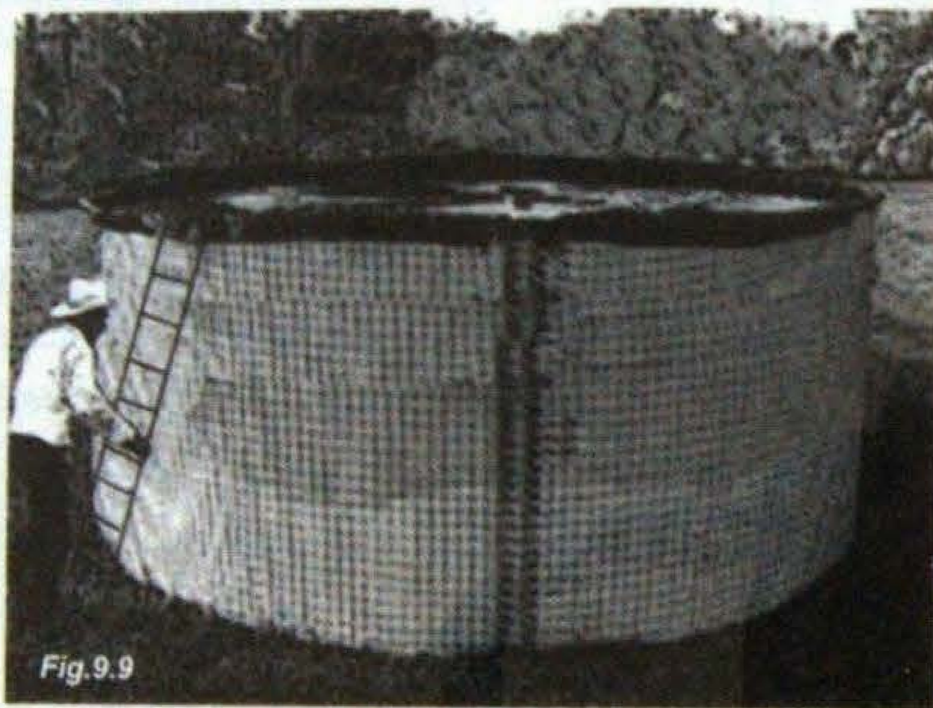
En resumen, el *volumen del tanque de almacenamiento* requerido para abastecer a la familia del ejemplo debe ser de 45 m^3, o lo que es lo mismo 45,000 litros.

Tanques

Materiales de los tanques. Los tanques para almacenar agua de lluvia pueden ser comprados o construidos en el mismo lugar.

Los Tanques comerciales suelen ser básicamente de 2 tipos: *Flexibles y Rigidos*.

Los Flexibles o de Geomembrana (nombre genérico que recibe la lámina impermeable hecha a partir de diferentes resinas plásticas), se arman dentro de una estructura que sostiene a la membrana, pueden recubrir una simple excavación en el suelo, o "recargarse" sobre un montículo hecho de tierra sobre la superficie, o bien, pueden recubrir el interior de una estructura liviana hecha a base de malla electrosoldada (electromalla). La geomembrana viene en rollos y en diferentes espesores, cada material sintético tiene cualidades físicas y químicas distintas que hacen la diferencia para cada geomembrana, los más comunes son HDPE, PVC, FPP y TPO. La geomembrana de PVC es otro de los productos más solicitados, debido a las características de sus rollos (por lo regular de dimensiones reducidas) y por su fácil instalación sigue siendo un producto muy popular para embalses y estanques. El Polietileno de Alta Densidad es la Geomembrana de más demanda en el mercado mundial *(Fig.9.9)*.


Fig.9.9

El precio aproximado por litro, de los tanques hechos con Geomembranas comerciales, montadas dentro estructuras de malla electrosoldada es de aproximadamente $ 0.05 US Dlls /litro. Un tanque de 20,000 litros costaría $1,000 US dlls. Actualmente es la forma más económica de guardar agua.

Los Tanques Rígidos

Son los tinacos más comerciales, actualmente hay empresas que los fabrican tanto en su versión tinaco (para intemperie) como cisternas (para ser enterrados). La mayoría están fabricados con resina de polietileno lineal de alta calidad, aprobada para envase de alimentos. Su capa exterior negra cuenta con protección contra rayos

ultravioleta, el cual inhibe la formación de microorganismos y aumenta la duración del tinaco. Su capa interior espumada es de color claro y permite apreciar la claridad del agua y da soporte y fuerza a las paredes del tinaco *(Fig.9.10)*.


Fig.9.10

Si se entierran cisternas de polietileno, es muy importante tomar en cuenta los siguientes puntos:

- La cisterna deberá ser colocada en una excavación con un diámetro de entre 10 y 15 centímetros mayor al diámetro de la cisterna, evitando el contacto con algún objeto punzo cortante en los costados y en el asiento, dado que estos la pueden dañar seriamente.
- El fondo donde se asienta la cisterna, debe de estar plano y, de preferencia con una capa de cemento de cuando menos 5 centímetros de espesor.
- Ya fraguado el cemento, coloque la cisterna en la excavación y llénela totalmente de agua, posteriormente haga una mezcla de jal, cal y agua, rellene el hueco entre la cisterna y la pared de los lados de la excavación, lo cual aumentará la vida útil de la cisterna.
- Para impedir que la cisterna "salga flotando" (en caso de que el subsuelo se sature con agua de lluvia) coloque una loza de concreto sobre la cisterna, la cual no deberá estar en contacto con la misma.
- No se debe colocar la cisterna en lugares donde exista arcilla expansiva o bien donde existan corrientes subterráneas de agua.
- El precio por litro de los tanques rígidos comerciales es entre $0.10 y $0.20 US dll por litro (literalmente el doble que la Geomembrana). Un tanque rigido para 20,000 litros actualmente cuesta $2,000 US dlls (aproximadamente).

Algunas de las ventajas de los tanques comerciales son:

a) Tiene muy bajo costo.
b) Son completamente impermeables, no tienen fugas.
c) Las raíces no pueden penetrar sus paredes.
d) El tiempo de instalación se reduce a la conexión de los tubos de entrada y salida.
e) Son herméticamente cerrados, a prueba de polvo y luz.
f) En caso de temblores, si están ubicados en la superficie, no tienen ningún problema de resquebrajaduras; y aún enterrados, absorben con facilidad los movimientos del subsuelo.
g) Son muy livianos y portátiles, por lo que se les puede cambiar de ubicación fácilmente.

Algunas de sus desventajas son:

a) Aunque tienen protección contra rayos UV, tienen caducidad (+/- 20 años) si están expuestos a la intemperie.
b) Son tan livianos que, cuando están vacíos, pueden ser arrastrados por vientos fuertes.
c) Pueden sufrir perforaciones cuando se les esta instalando o manipulando.
d) Como se utilizó antimonio para su fabricación, éste puede "migrar" al agua que contiene el tanque.
e) Su fabricación provoca una importante producción de dioxinas (la sustancia química más tóxica que el hombre ha inventado).

Los Tanques construidos pueden ser de diversos materiales, los más comunes son piedra, ladrillo, block de concreto, concreto armado *(Fig.9.11)*, y ferrocemento.



Fig.9.11

Algunas de sus ventajas son:

a) Ser más económicos que los comerciales (en algunos casos).
b) Por su peso, no pueden ser arrastrados por vientos fuertes.
c) En caso de presentar fugas o grietas, se pueden reparar.
d) Mantienen el agua más fresca.
e) No contienen elementos contaminantes.
f) No están sujetos a deterioro por el sol y son más perdurables que los de plástico.
g) Sus paredes son muy resistentes y difícilmente se les puede perforar (por accidente).
h) Se pueden aprovechar materiales de la región, piedras o ladrillos.

Sus principales desventajas son:

a) Requieren de tiempo para su construcción.
b) Una vez ubicados, no se puede cambiar su posición.
c) Si no están perfectamente sellados en su base, las raíces de árboles o plantas cercanas pueden penetrar su fondo o paredes.
d) En caso de temblores, si están ubicados en la supe icie y no tienen una infraestructura adecuada, pueden llegar a resquebrajarse y, si están enterrados, su rigidez debe ser tan grande como para resistir los movimientos del subsuelo.

El precio por litro de los tanques construidos con concreto armado es de alrededor de 0.12 US dll por litro. Un tanque rígido para 20,000 litros actualmente cuesta $2,400 US dlls. El precio por litro de los tanques construidos con ferrocemento es de alrededor de 0.10 US dll por litro. Un tanque de ferrocemento para 20,000 litros actualmente cuesta $2,000 US dlls. Sin embargo, considerando que el costo de la mano de obra equivale a poco más del 50% del costo total, se tiene la posibilidad de construir uno mismo este tipo de tanque a casi el mismo costo que uno de Geomembrana.

Tipos de tanques de almacenamiento clasificados según su posición con respecto al nivel del terreno

Tanques elevados, Tanques superficiales, (asentados sobre la supe icie del terreno), Tanques semienterrados y Tanques enterrados (cisternas).

Se recomienda en todo caso y de ser posible, construir los tanques en las partes más elevadas del terreno, el nivel de la tapa del tanque (y por consiguiente de la entrada de agua) debe estar a la misma altura que la "T" (de la trampa de basura).

Si bien es necesario invertir un poco más en el refuerzo de las paredes (enterrados se tiene el soporte del subsuelo), y está más sujeto a variaciones de temperatura, las ventajas de la posición superficial son mayores que las ventajas de enterrar los tanques.

La mayor ventaja de los tanques elevados es justamente el aprovechamiento de la fuerza de la gravedad en regaderas, lavamanos y riego; no se requieren bombas para su funcionamiento; sus paredes (cuando esta vacío) no están sometidas al esfuerzo

que les provoca el subsuelo durante los temblores; sus grietas son visibles y más fáciles de reparar; es mucho más fácil darle mantenimiento; no le afecta el nivel freático; es más difícil que se contamine, siempre y cuando la tapa esté herméticamente cerrada; se puede usar de estructura para alguna otra cosa (soporte espaldera de plantas, protección contra el viento, etc).

Se recomienda enterrar los tanques solamente cuando no se cuenta con techos elevados y las áreas de captación son pisos de concreto o, cuando la economía no da para pagar un poco más por el refuerzo de las paredes.

La forma de los tanques está en función de su estructura y del volumen almacenado por la cantidad de metros de pared construidos, por lo que **los tanques cilíndricos son los ideales**, estructuralmente hablando son los más resistentes y su forma circular es la óptima para almacenar más agua con menos metros de pared. Las cubiertas generalmente tienen forma de domo lo cual permite el ahorro de material (acero) siendo a su vez más resistente (y estético).

Consideraciones

Para que los tanques almacenen y mantengan la calidad del agua deben de:

1. Tener una estructura a prueba de terremotos, de preferencia octagonal o redondo *(Fig.9.12)*.
2. Estar completamente cerrados y sellados para que no entre ni luz (promueve la aparición de algas), ni polvo, ni insecto o batracio alguno (como ranas).
3. Contar (a su salida también) con un filtro de grava, arena y carbón activado para que el agua pueda ser utilizada en el consumo doméstico.
4. Tener un tubo de desagüe para limpiarlo perfectamente cuando sea necesario.
5. Contar con un tubo rebosadero que permita derramar el agua cuando está lleno.
6. Tener una tapa de acceso para darle mantenimiento.
7. Contar con una llave de agua en el fondo, para extraer el agua que se va a utilizar, y de ser posible, otra llave ubicada a 1/3 de abajo hacia arriba, interconectada con la llave principal para servir de aviso cuando el tanque se está vaciando más rápido de lo previsto.



Fig.9.12

Tanques de ferrocemento

El ferrocemento en sí, es una técnica constructiva con la que se pueden fabricar todo tipo de estructuras, desde las más pequeñas como lavaderos, hasta las más gigantescas como barcos, represas en cursos de agua y techos de estadios.

Es un material parecido al concreto, sin embargo no contiene grava y en lugar de reforzarlo con varillas de acero, se utilizan capas de malla electrosoldada "forradas" con malla hexagonal (pollera), y algunas varillas de refuerzo sobre la que se aplica una delgada capa de arena negra muy bien cernida, mezclada con cemento que resulta de consistencia pastosa. Es un material compuesto que, por la naturaleza del refuerzo provoca, junto con el material de relleno,

mejores resultados durante su funcionamiento que lo dado por cada uno de sus componentes en forma individual. Todos los materiales son fácilmente transportables hasta sitios remotos. Las estructuras para almacenamiento de agua que se fabrican siguiendo esta técnica, tienen una respuesta estructural muy importante ante acciones sismicas, y se han construido tanques desde 5 m3 hasta 110 m3, con un costo de 40%-50% más barato que los tanques tradicionales en concreto.

Características sobresalientes

Durante el proceso de construcción, los tanques de menor volumen (de 5 a 15 m3) no requieren de cimbra. Se pueden aplicar diferentes tipos de materiales para hacer las cimbras (como bambú guadua, carrizo, lámina para techo, etc). No requiere de mano de obra especializada. Cualquier persona que tenga cierta habilidad manual y cuente con una sencilla capacitación, puede construir tanques con esta técnica. Las fugas de agua se pueden reparar picando la zona afectada y recolocando del mortero elaborado en la misma proporción que el utilizado para su construcción original.

La purificación de agua

La purificación de agua insegura requiere vigilancia especializada si se quiere hacer eficazmente. Por lo que idealmente, se debe tratar de acceder a una fuente que proporciona el agua naturalmente pura, para luego almacenarla, protegiéndola perfectamente contra cualquier tipo de contaminación. El agua puede contener algún tipo de sustancia nociva para la salud, metales pesados, bacterias, larvas de gusanos, esporas, virus y materia orgánica en descomposición entre otras cosas. Los métodos de purificación varian según el tipo de contaminación y algunos pueden ser utilizados en combinación con otros.

A continuación se describen los pasos simples para purificar el agua en lugares donde no se tiene acceso a ningún otro tipo de fuente de agua pura *(Fig.9.13)*.



Fig.9.13

El primer paso es extraer las impurezas del agua. Para esto se utilizan principalmente los fieltros de algodón que retienen partículas de mayor tamaño.

El segundo paso es exponer el agua a una mayor cantidad de aire para impregnarla de oxigeno.

El tercer paso es dejar reposar el agua para que se asienten el resto de las particulas de mayor tamaño.

El cuarto paso consiste en pasar el agua de un recipiente a otro sin remover las partículas asentadas en el fondo durante el paso tres.

El quinto paso implica conducir el agua a través de un filtro de arena fina (para quitarle las particulas de mediano tamaño) y otro de *Carbón Activado* (para absorber algunos gases y particulas de metales, minerales y también de materia orgánica).

El sexto paso elimina organismos patógenos ya sea hirviéndola, solarizándola y/o con medios químicos.

El séptimo paso remineraliza el agua destilada (de lluvia).

Los pasos descritos para la purificación sirven para remover del agua cierta cantidad de contaminación física y microbiológica, sin embargo, la contaminación química producida por derrames industriales no puede ser removida por estos procesos, el agua contaminada de esta manera no debe ser bebida.

1. Prefiltrado

Al verter el agua a través de un paño limpio de algodón o de un fieltro (de los que se usan para hacer café) se remueve cierta cantidad de sólidos en suspensión y partículas pequeñas. Es muy importante que el paño utilizado esté perfectamente limpio para que no añada más contaminantes de los que se pretenden remover.

2. Aireación

La aireación es un proceso a través del cual se pone el agua en contacto con el aire con el propósito de incrementar su contenido de oxigeno, lo cual conlleva a:

- Remover algunas sustancias volátiles que afectan el sabor como el cloro, sulfuro de hidrógeno y metano.
- Disminuir el contenido de dióxido de carbono en el agua.
- Oxidar minerales tales como el hierro y manganeso disueltos en el agua para que se precipiten y puedan ser removidos por sedimentación o filtración.

El contacto requerido, entre el agua y el aire, se puede lograr de varias maneras: a nivel casero esto se puede hacer batiendo con fuerza, durante 5 minutos, un recipiente cerrado medio lleno de agua y luego dejarlo reposar durante 30 minutos, para que se asienten las particulas indeseadas y asi poder verter el agua decantada a un recipiente limpio.

3. Sedimentación

Un método más elaborado es permítir que el agua circule a través de una o más rejillas que contienen pequeñas piedritas de rio (ver *Figura 9.14*), el agua se recolecta en un recipiente y se deja reposar 30 minutos para que las partículas se precipiten al fondo y luego pueda ser decantada.

4. Almacenaje y asentamiento

Cuando el agua es almacenada durante algunos dias en un recipiente limpio y cerrado (por ejemplo una cubeta con tapa) ubicado en un lugar oscuro, más del 50% de las bacterias muere. Es más, durante este período, los sólidos en suspensión y algunos patógenos se asientan en el fondo del recipiente, de tal manera que el agua limpia puede ser extraida de la superficie procurando no mezclarla con los precipitados del fondo. El agua se debe almacenar por lo menos durante 48 horas para eliminar el tipo de microorganismos llamados *cercariae* los cuales actúan como hospederos intermediaros del ciclo de vida del patógeno *bilharziasis (schistosomoasi)*. Períodos más prolongados de almacenaje en estas condiciones conllevan a una mejor calidad de agua.

5. Filtración (filtros caseros de arena)

La filtración es el paso de agua contaminada a través de un medio poroso (como la arena), el proceso está basado en el mismo principio de la limpieza natural de las tierras.

Filtro simple de flujo hacia-arriba

Estos filtros caseros pueden ser armados en recipientes de barro, metal o plástico. El recipiente se llena con capas de grava, gravilla, arena y un tubo dispuesto de tal manera que el flujo del agua es forzado ya

sea a fluir hacia abajo o hacia arriba a través del filtro. La figura muestra un filtro armado en un tambo de plástico de 200 litros fabricado para el manejo de alimentos, los cuáles siempre tienen la tapa removible del ancho del barril *(Fig.9.14)*.

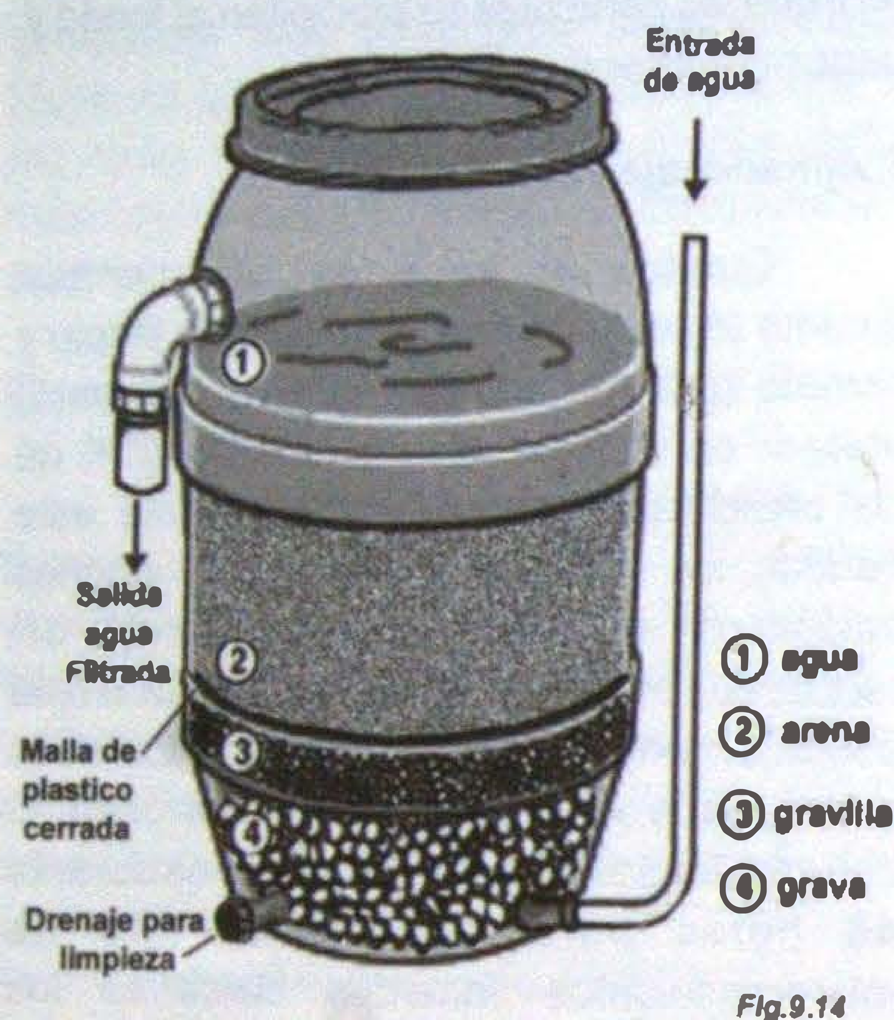


Fig.9.14

En el fondo, se inserta un tubo de pvc de ½" en forma de doble "T" con múltiples perforaciones, el cual va a ser la entrada del agua.

Está inmerso en una capa de 10 cms de piedritas de río (de 3-4 mms), cubierta por una membrana que puede ser metálica (inoxidable o de aluminio, por ejemplo, tela de mosquitero) o de plástico (malla de invernadero o mosquitero), sobre la cual se puede colocar una segunda capa de 10 cms de piedritas de río (de 1-2 mms), también cubierta por una membrana como la anterior y sobre la cual se colocan 30 cms de arena gruesa bien lavada.

Al fondo del tambo se inserta un cople de 2" con tapón roscado para facilitar el drenado y limpieza del filtro.

En la parte superior del tambo se inserta otro tubo de ½" para la salida del agua. La velocidad de filtrado puede ser de 150 a 250 litros por hora.

El filtro debe ser desmantelado regularmente para limpiar la arena, las gravas y remover las partículas filtradas, la frecuencia del lavado dependerá de la turbidez del agua.

Es importante tener en cuenta que estos filtros no remueven patógenos, más aún, el agua debe ser desinfectada o almacenada en un recipiente cerrado y limpio por lo menos durante 48 horas.

Filtro de carbón activado

El carbón activado puede ser muy efectivo para remover algunos gases, sabores, olores y colores del agua. El carbón común y corriente puede funcionar, pero es mejor el carbón activado *(Fig.9.15)* (para activarlo, ver procedimiento más adelante).


Fig.9.15

Es muy importante tomar en cuenta que este tipo de filtros acumulan materia orgánica con el tiempo, y por lo tanto pueden llegar a producir bacterias dañinas, por lo que se recomienda cambiar continuamente el carbón.

A continuación se presentan algunos modelos caseros para los filtros de carbón y cómo pueden armados para su mejor funcionamiento:

A) Filtro tipo cafetera, son los más sencillos. Funcionan como un filtro de goteo para café. El agua se vierte encima y, por gravedad pasa a través del carbón. Son lentos y manejan poca agua *(Fig.9.16)*.



Fig.9.16

B) Montado en el grifo. Se hace una adaptación para que el agua proveniente del grifo pase primero por el filtro y luego salga, son más rápidos que los anteriores por la presión que tiene el agua de la llave *(Fig.9.17)*.



Fig.9.17

C) Filtro de paso. Estos filtros contienen mucho más carbón que los anteriores, y pueden manejar más volumen de agua por mes. Se instala bajo la tarja, en la llave del agua fría.

Otro modelo puede ser como el de la figura siguiente, en el que se usa un tambo de 100 litros que tiene otro recipiente de agua (de 40-50 litros) montado en su tapa. En el fondo del tambo de 100 litros, se inserta un cople de pvc de ½" con múltiples perforaciones acomodado en una capa de 5 cms de piedritas de río (de 3-4 mms), cubierta por una membrana que puede ser metálica (inoxidable o de aluminio, por ejemplo, tela de mosquitero) o de plástico (malla de invernadero o mosquitero), sobre la cual se puede colocar una segunda capa de 5 cms de piedritas de río (de 1-2 mms) también cubierta por una membrana como la anterior y sobre la cual se colocan 20-25 cms de de arena fina bien lavada, sobre la cual se coloca un capa de guata. Sobre la guata se colocan 25-30 cms de polvo fino de carbón activado bien compactado y encima de éste se coloca otra capa de guata, para cubrirla con una capa de 20-25 cms de arena superfina cubierta a su vez con otra capa de guata.

En la parte superior, a la mitad del espacio que queda entre la última guata y la tapa del tambo, se inserta un cople de ½" al cual se le conecta la manguera de salida de agua. El cople de la parte inferior del tambo de 100 litros, se conecta a la parte inferior de la cubeta montada encima de su tapa *(Fig.9.18)*.

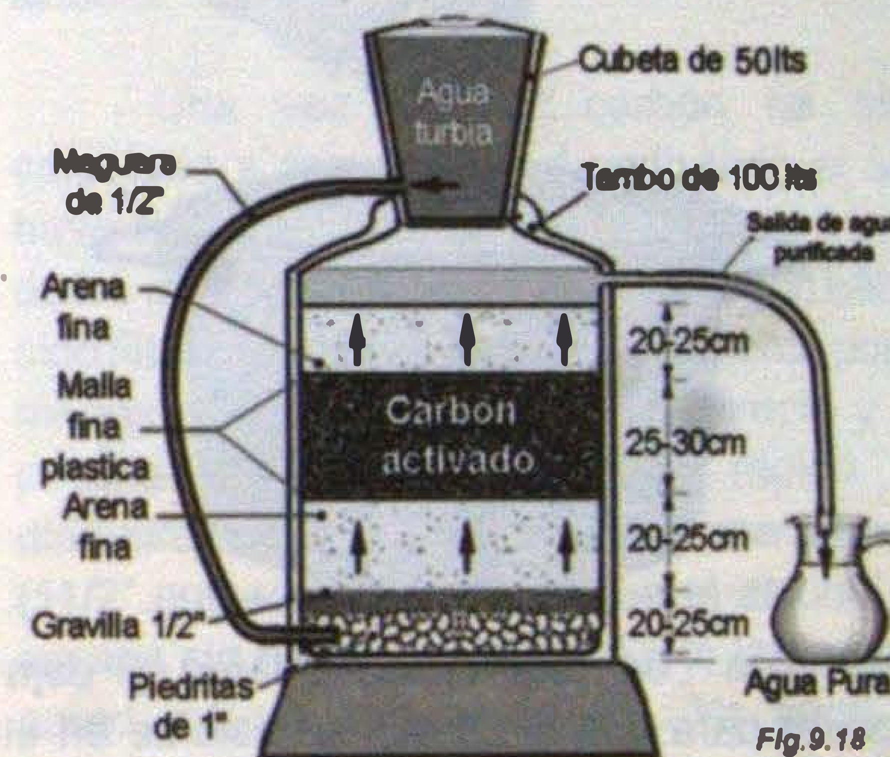


Fig.9.18

Activación de carbón

El carbón se obtiene de la quema de leña y se puede activar de manera más eficiente cuando se trabaja en columnas elevadas de gránulos. *Gert Strand* desarrolló esta sencilla técnica para elevar la eficiencia del efecto purificador del carbón activado en un 100%.

El filtrado debe ser tan lento como sea posible, forzando al alcohol a fluir a través de absolutamente todos los gránulos de carbón si se quiere que la purificación sea efectiva.

Método para la activación del carbón

Materiales necesarios:
2 Litros de alcohol del 96°.
10 Litros de agua pura.
2 Kgs de carbón en polvo.
1 Botella limpia de 1-2 litros.
1 Tramo de tubo de PVC de 5 cm de diámetro (2 pulgadas) y 1.50mts de alto.
2 Embudos (uno que se adapte a las 2" del tubo y otro que entre en la botella).

Procedimiento

1. Coloca el polvo de carbón en una olla de acero inoxidable y agrega por lo menos dos veces la misma cantidad de agua *(Fig. 9.19)*.



Fig. 9.19

- Bate bien con una cuchara larga y deja reposar para que el carbón se asiente en el fondo de la olla antes de sacar el agua *(Fig. 9.20)*.



Fig. 9. 20

Repite esta operación 4-5 veces hasta que todas las substancias solubles en los poros del carbón hayan sido extraídas y el carbón quede saturado con agua, rellena por último la olla, cubriendo totalmente el carbón con agua hirviendo *(Fig. 9.21)*.



Fig. 9. 21

2. Tápala y déjala reposar durante 24 horas (Fig. 9.22). Lo que incrementa el efecto de purificación es el mojado interno de los poros del carbón. Esas 24 horas de purificación le añaden un 50% de la capacidad de purificación que tiene el carbón.



Fig. 9. 22

3. Preparación del tubo. En un extremo de un tubo del PVC 2", amarra tres filtros como se muestra en la *(Figura 9.23.A)*, pueden ser de café, de guata gruesa o tela fina y cerrada de algodón, o bien, tres capas de media de nylon. En el otro extremo, inserta firmemente un embudo.

4. Después de las 24 horas, desecha con cuidado el agua sobrante (sin perturbar mucho el carbón asentado en el fondo) y añade una vez más agua hirviendo, bate bien, déjalo asentar y desecha el agua sobrante.

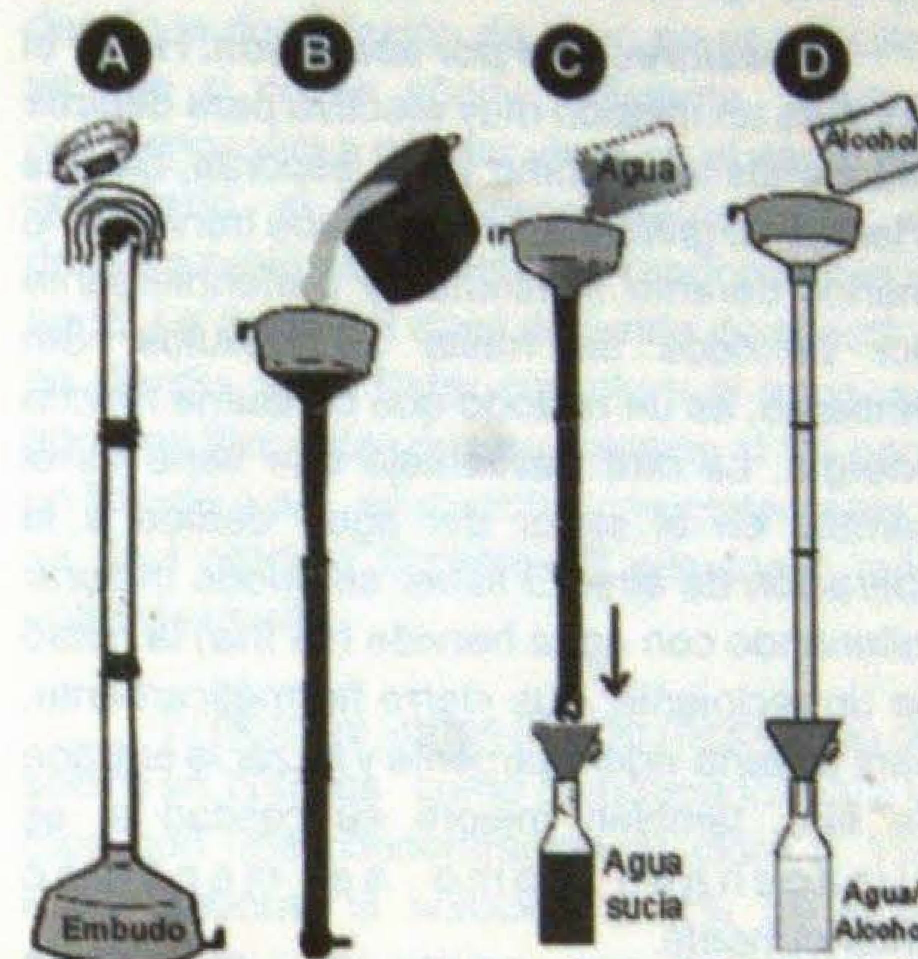


Fig. 9.23

5. Rellena el tubo con agua hirviendo. Rellena ahora con el carbón, asegurándote de que caiga sobre el agua que previamente vertiste y de que todo el aire salga *(Fig. 9.23.B)*. Golpetea el tubo para que el carbón se asiente y se compacte. Filtra de 2 a 5 litros de agua a través del tubo para enjuagar las substancias solubles remanentes *(Fig. 9.23.C)*.

6. Vierte alcohol tan pronto veas que las últimas gotas de agua acaben de pasar por el embudo *(Fig. 9.23.D)*. Revisa el agua/alcohol filtrados, y en cuanto aparezca el alcohol, déjalo fluir en una botella ubicada abajo al final del tubo (coloca otro embudo para facilitar su captura). Cubre el embudo superior para evitar la vaporización del alcohol.

7. Cuando terminen de salir las últimas gotas de alcohol del embudo, vierte un litro de agua para asegurarte de que todo el alcohol ha sido filtrado a través del carbón. De nuevo, revisa el agua/alcohol, y desecha el agua sucia. Asegúrate de que todo el carbón sea traspasado por el alcohol y de que no haya nada de aire en el tubo.

8. Todo el carbón ha sido activado de esta forma, en caso de que todo el aire en él haya sido extraído. Este proceso elimina la posibilidad de que algunas zonas con poros no sean activadas, humedecidas y purificadas. También previene cambios en el valor del pH (de 7-10), los cuales normalmente ocurren cuando las substancias solubles contenidas en el carbón son disueltas en agua o en alcohol.

Una vez que el carbón ha sido calentado y escurrido, y cuando todo el aire haya salido del tubo, el alcohol fluye a través de los poros del carbón, y no escapa sin haber sido filtrado. La eficiencia se incrementa por lo menos en un 100% con alcohol limpio y es posible filtrar dos veces más rápido. El diámetro del tubo no debe ser menor a 38 mms (11/2" pulgadas), debido a que el alcohol se escapa sin haber sido filtrado a lo largo de la pared interna (efecto pared). Ya seco, el carbón activado se puede usar en cualquiera de los filtros antes mencionados.

Filtros de cerámica

El agua también puede ser purificada haciéndola fluir a través de filtros de cerámica. Durante este proceso las partículas quedan atrapadas al pasar por los poros del filtro. Estos filtros deben ser hervidos y desinfectados periódicamente. Se pueden elaborar a partir de piedras relativamente porosas y/o cerámica, sin embargo los filtros comerciales resultan ser mucho más efectivos

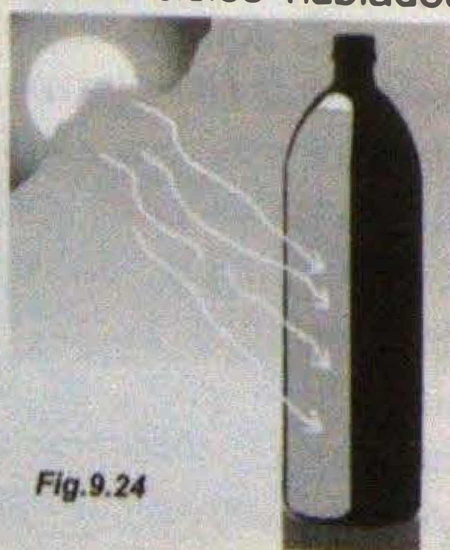
y duran mucho tiempo funcionado, siempre y cuando se les desinfecte periódicamente, lo que los hace más atractivos para casos de emergencia. Las impurezas que se acumulan en su exterior deben ser talladas regularmente con un cepillo bajo el chorro de agua. Para evitar la turbidez, el agua de entrada debe estar lo más limpio posible.

Desinfección

Es esencial que el agua para beber esté completamente libre de organismos patógenos. Los procesos de almacenaje, sedimentación y filtración reducen el contenido de bacterias, pero ninguno de ellos garantiza una remoción total de gérmenes. La desinfección es un proceso a través del cual se remueven completamente todos los microorganismos y bacterias perjudiciales para la salud. Se recomienda hacerla al final de los procesos anteriormente mencionados, ya que la desinfección puede no funcionar cuando existe materia orgánica o sólidos en suspensión en el agua. A nivel casero hay varios métodos para lograr una adecuada desinfección:

Desinfección por Solarización. Para que ésta sea efectiva se requiere que el agua esté cristalina. Los rayos ultravioleta del sol se utilizan para inactivar y destruir organismos patógenos presentes en el agua. Para esto se llena con agua una botella de vidrio y se expone completamente al sol durante 5 horas (o 2 días consecutivos con cielos nublados al 100%).

La desinfección ocurre por una combinación de radiación más el efecto térmico del tratamiento.


Fig.9.24

Si la temperatura del agua alcanza por lo menos 50ºC, una exposición de una hora es más que suficiente. Para lograr una elevación de temperatura más eficiente, se pinta de color negro la mitad lateral de la botella *(Fig.9.24).*

Desinfección por ebullición. Hervir el agua es un método muy efectivo para destruir patógenos tales como virus, esporas, quistes y larvas de gusanos, el agua debe hervir por lo menos durante 5 minutos y preferiblemente por períodos de hasta 20 minutos. Sin embargo, es un método que consume mucha energía. La otra desventaja que tiene es el cambio en el sabor del agua debido a la liberación de aire. El sabor se puede mejorar rellenando con agua hervida (ya fría) la mitad de un recipiente, que cierre herméticamente, para agitarla vigorosamente y forzar la entrada de aire, también mejora su calidad si es almacenada como se mencionó anteriormente.

Desinfección con Cloro: **Peligros**, el cloro en el agua pura no tiene efecto deletéreo pues se evapora a temperatura ambiente. Pero si el agua tiene materia orgánica disuelta, y siempre la tiene en forma de sustancias cloradas como el cloroformo (Metano + Cloro), y similares que son muy carcinogénicos (sustancias que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir cáncer o aumentar su frecuencia). Si la materia orgánica es aromática (como los residuos de lignina por ejemplo) pueden formarse DIOXINAS CLORADAS que son sustancias aún más tóxicas que el mismo plutonio. Habiendo dicho lo anterior, sabemos que el cloro es una sustancia química utilizada para la desinfección del agua debido a su facilidad de manejo, efectividad, disponibilidad y relativamente bajo costo. Puede destruir virus y bacterias cuando se usa correctamente, pero hay algunas especies de *protozoos* y *helmithes* que son resistentes a esta sustancia, también es ineficaz contra los quistes de *disentería amibita*, óvulos de gusanos, *cercariae* (que causa el esquistosomiasis), y los microorganismos esporulados en partículas sólidas. Además, decidir la dosificación de cloro no es sencillo, ya que si no se añade suficiente, algunos patógenos van a quedar vivos en el agua, por otro lado si se agrega demasiado, el desagradable sabor del cloro predomina en el agua. La dosis del cloro depende de si está o no diluido. Para tratar con cloro el agua, se agregan tres gotas de una solución al 1% para un litro de agua, se mezclan completamente y se deja reposar durante 20 minutos o más antes de usarla.

El cloro se vende líquido (hipoclorito de sodio) en botellas como blanqueador para la ropa con una concentración de cloro al 1%. Para elaborar la solución al 1% de cloro disponible, se utiliza por ejemplo, el Antiséptico de Milton.

La solución de Dakin contiene 0.5% de cloro disponible, el polvo para blanquear 25% a 30% de cloro disponible. Con 37cc (2.5 cucharas) de polvo para blanquear en 1 lt de agua se obtiene una solución al 1% de cloro.

Desinfección con Yodo. El yodo debería ser aplicado a todas las aguas que están lejos del océano... es un buen desinfectante contra los quistes de la amiba, cercariae, el leptospira, y algunos de los virus.

La aplicación debería ser hecha en cantidades inferiores a 1 ppb, en otras palabras, una gota de tintura de yodo ordinaria es suficiente tratar 1,000 litros de agua de agua pues es saneante y sanitizante.

No es conveniente tratar de desinfectar con yodo el agua cuando que está nublada o turbia, o tiene un color notable (incluso cuando sea claro). En estos casos debe filtrarse más veces con los filtros de arena y carbón activado. Si el agua está demasiado contaminada, la dosis debe doblarse, desafortunadamente esto le da un sabor medicinal al agua.

Resumen

Captar, almacenar y aprovechar el agua de lluvia es algo muy sencillo que puede ser fácilmente integrado a nuestras vidas como una de las estrategias más importantes de sustentabilidad que podemos hacer.


Fig.9.28

Material de Referencias

Permaculture One Mollison Bill & Holmgren David

Introducction to Permaculture Mollison Bill & Rene Mia Slay. Tagari Publications

Permacultura: A Designer´s Manual Mollison Bill. Tagary Publications

Permaculture: Principles and Pathways Beyond Sustainability David Holmgren

Earth User´s Guide to Permaculture Rosemary Morrow. Kangoroo Press

Plants, Man and Life Anderson Edgar University of California Press

The One-Straw Revolution Fukuoka Masanobu. Rodale Press, Emmaus,PA

Design and Construction of Small Earth Dams Nelson Keneth. Inkata Press, Australia

Water for Every Farm/ Using Keyline Plan Yeomans,PA. Second Back Row Press, POB43 Leura Aust.

A Better Place to Live Corbett, Michael and July Corbett. Rodale Press, 1981

Landscape Design That Saves Energy Moffat, Anne Simún & Marc Schiler William Morrow & Co. NY 1981

The Owner-Built Homestead Kern, Ken, and Barbara Kern. Charles Scribners's Sons, 1977.

Fundamentals 01 Ecology Odum, Eugene, W.B. Sauders, Toronto, 1971.

Companion Plants Phillbrick, N., and RB Gregg Robinson and Watkins, London, 1967.

Eco-Gardening: The Six Priorities Whitby, Coralie. Rigby Pub. Ltd., 1981.

Designing and Maintaining Your Edible Landscape Naturally Kouryk Robert. Metamorphic Press ´86

Vivir en Casa Sana Bueno Mariano. Editorial Roca

Ecología para principiantes Arana Federico. Editorial Trillas

Los Niños Salvaremos la Tierra The Hearth Works Group. Editorial Seletor

50 Easy Things We Can Do to Save the Planet Lord Barbara. Australian Conservation Foundation

El Cultivo Biológico Bruns Annelore y Hubert/Schmidt G. Editorial Blume

The Seed Saver´s Hand Book Fanton Michel & Jude. The Seed Saver´s Network

Organic Control of Common Weeds French Jackie. Aird Books. 1989

Tree Crops; a Permanent Agriculture Smith J Russell Devine-Adair, Old Greenwich,1950

Radical Simplicity: *Small Footprints on a Finite Earth* by Jim Merkel- GLP Global Living Proyect

Somos la gente que estábamos esperando: *Miguel Grenberg. KIER*

ASPO News *Association for the study of Peak Oil&Gas*

AEREN *Asociación para el estudio de los recursos energéticos*

Small is beautiful Michael Schumacher 1973

La Tercera Ola Alvin Tofler

Panes de Piedra Julius Hensel

EL ABC de la Agricultura Orgánica Jairo Restrepo Rivera

Top Soil and Civilization, 1953. Del American Soil Conservation Service. Disponible en la red

Manejo Holistico: Un nuevo marco metodologico para la toma de decisiones. Alan Savory.

Priority one, (Allan Yeomans): soilandhealth.org, yeomansplow.com.au

The geographyc basis of key line, J. Mc Donald Homes, 1958

The challenge of landscape

Micellium Runing, Paul Stamets, fungi.org

Jean Pain (calentamiento con composta)

Small Earth Dams, K.D. Nelson

Recursos y Direcciones

WWOOF Oportunidades de trabajo en Granjas Orgánicas en todo el mundo **www.wwoof.org/**

PO Box 2675 Lewes BN7 1RB.England UK

Libros de Permacultura Tagary Publicaciones PO box 1 Tyalgum SSW 2484 Australia

Revista de Permacultura Permaculture Internacional Journal.

PO Box 6039 South Lismore NSW2480 Australia

Ecoaldeas

Cristal Waters Community, Maleny, Queensland Australia

Villages Homes

Davis California USA

Insumos Orgánicos para la agricultura (Envíos a domicilio por paqueterla)

Iván Lomeli, La Barca, Michoacán, Mexico.

TEL: (01 393) 935-0811 TEL: (01 393) 935-3150

Bio Campo

Blvd. Los Fundadores Km.5. Bodega C, lote 4, S/Colonia 25020, Saltillo, Coah., México

TEL: (01 844) 413-3010 Fax. (01 844) 413-3011

Nutritec

Prol. Pino Suárez S/N San Gaspar de las Flores. Municipio de Tonalá, Jalisco

TEL: (01 33) 3607-2430. FAX: (01 33) 3607-3577

Educación en Permacultura y Agricultura Orgánica

En Latinoamérica

COAS. Consejeros en Agricultura Sostenible y Permacultura
Diplomados Universitarios, Cursos, Talleres prácticos, Asesoría y Diseño
info@coas.mx www.coas.mx

En México

Tierramor
Holger Hieronini y Marina Ortiz
La Granja Tierramor es una de las mejores experiencias permaculturales en México
Lago de Pátzcuaro, Erongarícuaro, Michoacán
www.tierramor.org

Rancho "El Pardo", Tlaxco, Tlax.
Los mejores especialistas en construcción de casas ecológicas y reforestación
www.proyectosanisidro.com.mx/ Tel. 01 (241) 4123289 (noches o temprano)
Celular 045 241 1006365 Tel/fax. 01 (241) 4960164 y 4960665

Las Cañadas Bosque de Niebla
Una experiencia única en la vida cooperativa rural de México
Dirección: A.P. 24, Huatusco, Veracruz, México. C.P. 94100
bosquedeniebla@infosel.net.mx www.bosquedeniebla.com.mx
Tel/fax: 00 (52)273 734 1577

Ecoaldea Huehuecoyotl,
Una verdadera ecoaldea de soñadores y hacedores buscando armonizarse con la tierra, la naturaleza y con todas sus formas de vida.
Tepoztlán, Morelos, km 6.5 a Ocotitlán. www.huehuecoyotl.net

Las Canoas Altas
Vincent Geerts & Martha Zapién, Iturbide 110 Barrio San Miguel, Erongarícuaro Michoacán
pronasanmiguel@yahoo.com www.lascanoasaltas.org Teléfono: (434) - 344 0276
Av.Las Fuentes184-517, Lomas de Tecamachalco, Naucálpan, Edo de Méx. C.P. 53950

Sembradores Urbanos
Es un grupo multidisciplinario de tres mujeres dedicadas a promover la agricultura orgánica en la ciudad de México. www.sembradoresurbanos.org

Tierra del Sol
Promoviendo una comunidad autosuficiente y autosostenible www.tierradelsol.com.mx

En Australia

The Permaculture Institute
P:O:Box 1 Tyalgum NSW 2484, Australia

David Holmgren
16 Fourteenth st Hepburn Springs, Victoria 3461, Australia

Max Lindeger Eco-villages Network. 59 Crystal Waters Permaculture Village.
Maleny 4552, Queensland, Australia

Earth Care Education 58 Crystal Waters Permaculture Village.
Maleny 4552, Quuensland, Australia

Darren Doherty
darren@permaculture.biz

Global Ecovillage Network
Red Mundial de Ecoaldeas gen.ecovillage.org

Proveedores

ARADOS Y CULTIVADORAS SISTEMA HORIZONTAL (Cubano)

Agrorgánicos de México, S.P.R. de R.L.
Av. Revolución N° 8-B, La Barca, Jalisco
Tel (393) 935-0811 / Ivanlomeli@agrorganicos.com.mx / www.agrorganicos.com.mx

ARADOS & IMPLEMENTOS YEOMANS

COAS
info@coas.com.mx

BOLSAS PARA ALMACENAMIENTO Y ABSORBEDORES DE OXÍGENO

Surtidora de Insumos Tarahumara, SUINTA
Agustín Salas
Tel: (+614) 233-5015, 440-0281 Fax: (+614) 419-8624 / asalas@suintar.com
Priv. Ave. de las Industrias No. 4904, Zona Ind. Nombre de Dios
31110 Chihuahua, Chihuahua.
Tel: (+55) 5533-0103 Fax: (+55) 5533-0105 / www.mocayco.com.mx
Paseo de la Reforma No. 234 Mz Col. Juárez
06600 México, D.F.

COMPOSTEADORAS Y BIOREACTORES

Ingeniería Agrícola Industrial (INAGRIND)
Km. 1.5 carretera Arandas – León
Arandas, Jalisco
Tel. (348)784-6959 / inagrind@prodigy.net.mx / www.inagrind.com.mx

BATERÍAS MONTACARGAS

Celmex
Tel: 01 818 381 0475 / www.celmexind.com.mx/mb.htm
Dimosa
Tel 01 555 824 2449

BOMBAS DE ARIETE

Dr. Carlos Olguín / cop@ver.megared.net.mx

ESTUFA, CHIMENEA y CALENTADOR a leña (únicas en México)

Calidah
Juárez 214, Col. Centro,
Tapalpa, Jalisco, México / www.calidah.com
Teléfono: en México 343 - 432 1147 fuera de México: 52 - 343 - 432 1147 info@calidah.com

DOMOS SOLARES

Solatube 01 800 614 1705 / www.solatube.com.mx

EQUIPOS Y REACTIVOS (cromatografía)

RYE Reactivos y Equipos
Av. González Gallo N° 479 Col. San Carlos, Guadalajara, Jalisco
Tel. (33)3650-2086 y 3619-8571
rosy.nolasco@reactivosyequipos.com.mx
cecilia.martinez@reactivosyequipos.com.mx
www.reactivosyequipos.com.mx

EQUIPOS Y REACTIVOS (cromatografía) (continuación...)

Sanher Lab S.A. de C.V.
Prado de los Lirios No. 377, Col Prados Tepeyac, Guadalajara, Jalisco
Tel (33) 31 22 16 93
barbarag@sanher-lab.com.mx
www.grupoalianzaempresarial.com/sanherlabsadecv_e_313218.html

ECCLAB
Bélgica No.263, Col. Moderna, Guadalajara, Jalisco.
Tel (33) 825 52 28 y 3338274686
ecclab@hotmail.com
ecclab@megared.com

ESTUFAS A LEÑA (importadas de España, para cocinar con leña)
Hergom
www.hergom.com.mx

HARINAS DE ROCAS

GAIA - Ignacio Simón Zamora
Uruapan, Michoacán
Tel. (452)519-2662
jisimonz@gmail.com

Agrorgánicos de México, S.P.R. de R.L.
Av. Revolución N° 8-B, La Barca, Jalisco
Tel (393) 935-0811
ivanlomeli@agrorganicos.com.mx
www.agrorganicos.com.mx

IMPERMEABILIZANTES PARA SÓTANOS

Dow Química Mexicana S.A. de CV Contacto: Octavio Castillo
Paseo de las Palmas No. 405, Mezanine
Lomas de Chapultepec, 11000 México D.F.
Tel: (52) 55 5201 4866, Fax: (52) 55 5201 4823, Cel. (52) 55 2755 3501
Grace products México
http://www.es.graceconstruction.com/waterproofing/download/BIT_3000.PDF

SEA-SOLAR, Sistemas de Energía Alternativa
Francisco J Muñoz Chávez
Tel. 393 759 5197 Cel. 393 100 1440
sea-solar@prodigy.net.mx

Sun Glare
www.nasacoat.com

MINERALES

Ferman
Caldera # 2094, Fracc. Alamo Industrial
Guadalajara, Jalisco
Tel. (33) 3666-1531
www.ferman.com.mx

Cámara Suárez
Tel. (33)3145-1308
Calle 26 # 1169, Zona Industrial Guadalajara, Jalisco
www.camarasuarez.com.mx

MINERALES (continuación...)

Fosfatos tricálcicos (Harina de Rocas)
444 824 6531

OLLA SOLAR

Ana Paola Tel: 01 333 123 3046

PANELES SOLARES

Gala Alternativa Solar
Tel: 01 800 822 1744 ó (229) 935 8481 / www.alternativasolar.com

SEMILLAS ABONOS VERDES

Semillas Papalotla (mucuna, archis)
México, D.F.
Tel. (800)701.1530

Semillas El Surco (tréboles, ryegrass)
Mercado de Abastos
Guadalajara, Jalisco
Tel. (33)3811-0301

TAMBOS 200 Y 1000 LITROS PARA BIOFERTILIZANES

Adrián Zúñiga Rojas
Periférico sur # 2436, entre López Mateos y Mariano Otero
Guadalajara, Jalisco
Cel. (33)1131-7294

Pedro Zúñiga Barboza
Carretera Guadalajara – Cd. Guzmán
Buena Vista, Mpio. Tlajomulco, Jalisco
Tel. (33)3796-4507
Cel. (33)3157-0883

Javier Torres
Extramuros # 512
Capilla de Guadalupe, Jalisco
Tel. (378)712-0001
Cel. (378)108-9196